Elektronica en Telecommunicatie 12

Gemeenschappelijke publikatie van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.



Ter herdenking

† ir. P. H. Boukema 1906-1971

Op 10 oktober 1971 overleed op de leeftijd van 65 jaar ir. P. H. Boukema, erelid van het NERG.

Ir. P. H. Boukema werd geboren in het dorpje Stitswerd op 16 februari 1906 en groeide op in Usquert (Groningen). Hij volgde in Warffum de HBS en was na zijn eindexamen een jaar werkzaam op de boerderij van zijn vader.

Niets zou logischer geweest zijn dan dat hij, als enige zoon, het bedrijf van zijn vader zou hebben voortgezet. Het was dan ook een hele stap, vooral in die tijd, met de traditie te breken. Zijn belangstelling lag evenwel anders, zoals bleek uit het feit, dat hij als radio-amateur op de boerderij een zendstation bezat.

Hij verliet, geboeid als hij was door de radiotechniek, het Groningerland om in Delft aan de Technische Hogeschool elektrotechniek te studeren.

Een aantal jaren werkte hij als assistent aan de T.H. In deze periode heeft hij, tezamen met de tegenwoordige prof. ir. B. van Dijl, medegewerkt aan publikaties van professor Elias, o.a. aan het toenmalige standaardwerk 'Theorie der Wisselstromen'.

In 1942 trad hij in dienst van het Staatsbedrijf der PTT, waar hij op het Radiolaboratorium een tiental jaren werkte aan de ontwikkeling van radiotelegrafie-apparatuur, frequentie- en impulsmodulatiesystemen en tenslotte aan UKG-zend- en ontvangapparatuur.

In de daaropvolgende periode kwamen onder zijn leiding als adjunct-hoofd van de Afdeling Omroep en Televisie een groot deel van de huidige FM- en TV-zendernetten tot stand. In 1966 volgde hij ir. Verton als hoofd van genoemde afdeling op.

Zowel bij het ontwikkelingswerk op het Radiolaboratorium als in zijn functies bij de Afdeling Omroep en Televisie heeft PTT groot nut gehad van zijn gedegen kennis. Wat hij tot stand bracht was altijd wetenschappelijk verantwoord; zijn voorstellen en adviezen waren voor de directie van PTT bijzonder waardevol.

Verder dient nog vermeld te worden zijn deelneming aan wetenschappelijk werk in het kader van het onderzoek in de ionosfeer. Zo werkte hij mee in een studiegroep aan het KNMI en werd hij bestuurslid van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg.

Boukema stelde hoge eisen aan het technisch vakmanschap van zichzelf en anderen en was daardoor ook bijzonder geïnteresseerd in het onderwijs in de elektronica. Het op hoger plan brengen van dit onderwijs in Nederland en het bewaken van het niveau van dit onderwijs, o.m. door het doen functioneren van de hier op passende NRG- (later NERG-) examens, waren enkele doelstellingen die hij nastreefde.

Het NERG heeft in hem een medewerker verloren, die bijzonder actief was bij het vormgeven aan de programma's en de organisatie der examens. Vanaf 1942 was hij lid van de examencommissie en sinds 1953 voorzitter van deze commissie.

In de SVEN (Stichting tot Bevordering van het Vakonderwijs

in de Elektronica in Nederland), een orgaan waarin o.m. het NERG en de VEV samenwerken, had hij een bijzonder groot aandeel in het tot stand komen van een rapport met aanbevelingen voor het inrichten van het elektronica-onderwijs op lager en middelbaar niveau, hetgeen een belangrijke bijdrage was in het streven naar harmonisatie en vormgeving van dit onderwijs.

In het vlak van het onderwijs dient verder te worden genoemd dat hij gecommitteerde is geweest bij examens aan de T.H. en aan de Radioschool van Rens en Rens te Hilversum.

Ir. Boukema was een bijzonder actief man. Het feit dat zijn gezondheidstoestand hem noopte, zijn werk vóór zijn 65e jaar over te dragen, kon hij moeilijk verwerken. Dat de Regering zijn verdiensten erkend heeft door zijn benoeming tot Officier in de orde van Oranje-Nassau, was een grote voldoening voor hem. Dit kon evenwel niet geheel het onbehagen met zijn algemene toestand compenseren.

Met het overlijden van ir. P. H. Boukema is een bekwaam ingenieur, een toegewijd en oprecht mens en een goede vriend van ons heengegaan. In grote dankbaarheid zullen wij hem blijven gedenken.

Ir. J. D. Zijp.

Studiedag SONAR (Sound Navigation and Ranging)

534.64:534.88

I. Inleiding



door ir. B. C. Reith, Physisch Laboratorium RVO-TNO, 's-Gravenhage

Synopsis: *Introduction to Sonar.*
The use of sound is, up till now, the only practical possibility to transmit information under water over reasonable distances. As a result, the application of underwater sound in different forms received great attention in particular since World War II.

In the present article a number of systems are mentioned, which are members of the family of sonar-systems: location systems, in which a passive and an active use of sound may be distinguished, and systems for underwater communication. The medium-range active sonar as used on board of surface ships developed from the searchlight and the scanning type used previously, into the present-day pre-formed beam sonar. Although purpose and general arrangement of active sonars show some similarity to radar, great differences may be pointed out.

Geschiedenis

Het is reeds zeer lang bekend dat geluidstrillingen zich door water kunnen voortplanten. Al in 1490 zou Leonardo da Vinci opgemerkt hebben dat hij met een verticaal in het water geplaatste pijp vanaf een schip andere schepen op grote afstand kon horen. Zelfs het probleem 'eigen ruis' was hem niet onbekend, want hij vermeldde dat het eigen schip stil moest liggen om deze waarnemingen te kunnen doen. Pas 400 jaar later wordt van de beschikbare kennis voor het toepassen van geluid onder water een nuttig gebruik gemaakt.

In de geschiedenis is opgetekend dat de ingeslotenen bij het beleg van Parijs in 1870 trachtten om via het water van de Seine contact met de buitenwereld te krijgen. Voor dat doel luidde men een kerkklok onder water. De overbrugde afstand zou 1500 m hebben bedragen.

Na de ramp met de 'Titanic' in 1912 werd het gebruik van geluidstransmissie onder water gezien als een mogelijkheid om tijdig ijsbergen te detecteren of om aanvaringen in mist te voorkomen (onderwater-kloksignalen). De vervaardiging van een 15-kHz kwartstransducer gedurende de Eerste Wereldoorlog (Langevin en Chilowski) betekende een grote stap voorwaarts, omdat hiermede voor het eerst elektrische energie kon worden omgezet in een relatief grote akoestische energie onder water. De ontvanginrichtingen berustten destijds nagenoeg geheel op bekende akoestische principes, zonder tussenkomst van elektronische versterkers.

Tussen de beide wereldoorlogen werd de ontwikkeling voortgezet, speciaal voor oorlogsdoeleinden, zowel in de Verenigde Staten als in Europa. Behalve van piëzo-elektrische maakte men gebruik van magneto-strictieve transducers zowel voor zenden als voor ontvangen; elektronische versterkers kwamen in gebruik. Tevens maakte men voor het eerst kennis met de grillige eigenschappen van zeewater als voortplantingsmedium. Tegen 1938 werden in de USA sonar-toestellen voor passief en actief gebruik in series gefabriceerd.

Ditzelfde moet in Duitsland reeds een aantal jaren eerder het geval geweest zijn. Het aanvankelijke succes van bijv. het 'vestzak-slagschip' *Prinz Eugen* berustte op het gebruik van het passieve 'Gruppen-Horch-Gerät'. De conceptie van dit apparaat wordt nu nog toegepast.

Tijdens de tweede wereldoorlog ontstond een nauwe samenwerking tussen de USA en Engeland ter bestrijding van onderzeeboten. Een enorme toeneming van de kennis betreffende onderwatergeluid was hiervan het gevolg. In Engeland was de coördinatie van de werkzaamheden opgedragen aan het 'Anti-Submarine Defence Investigation Committee'; de afkorting

Voordrachten, gehouden voor de Afdeling voor Krijgskundige Techniek en de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. op 15 december 1970 in het Physisch Laboratorium RVO-TNO te 's-Gravenhage. Voor de aankondiging zie 'De Ingenieur' 1970, nr. 47, blz. A 935.

'ASDIC' werd aanvankelijk gebruikt voor zowel de techniek als het toestel zelf.

Met deze gezamenlijke kennis als basis werd na 1945 onderzoek en ontwikkeling voortgezet. Ettelijke duizenden specialisten op velerlei terreinen werken aan problemen die samenhangen met deze vorm van akoestiek. Men spreekt nu van 'sonar' (*SO*und *NA*vigation and *R*anging), in analogie met 'radar'.

Een extra stimulans voor sonar is gelegen in de groeiende belangstelling voor de 'inner space' als tegenhanger van de 'outer space'. Men realiseert zich dat de kennis van het wateroppervlak en van wat zich daaronder bevindt betrekkelijk gering is; wetenschappen als oceanografie en oceanologie trachten de kennis van dit tweederde deel van het wereldoppervlak te vergroten. Ook in praktisch en materieel opzicht is de belangstelling groeiend: de mogelijkheid van de winning van delfstoffen, van voedingsmiddelen en van vervoer en verblijf onder water. Speciaal in de USA begint zich de laatste jaren een industrietak te ontplooien die voorziet in de fabricage van artikelen die men bij deze werkzaamheden nodig heeft. Bij het onderzoek en werk in dit donkere en vijandige onderwatermilieu zullen ook geluidstechnieken toepassing vinden.

Vergelijking van sonar en radar

Het eerste opvallende verschil bij het onderling vergelijken van sonar en radar is, dat bij sonar een enorme demping optreedt (tabel 1). Vergelijken wij een geluidstrilling van 16 kHz, waarvan de demping in water ca. 2 dB/km bedraagt, met een radiotrilling van dezelfde frequentie, dan blijkt dat elektromagnetische trillingen onder water slechts bruikbaar zijn voor het overbruggen van zeer korte afstanden. De demping voor deze radiotrillingen bedraagt nl. ca. 4400 dB/km. Hoewel *geluid in water* in vergelijking met *radiotrillingen in lucht* aanzienlijk grotere demping vertoont, kunnen echter door toepassing van voldoend grote vermogens nog afstanden van ettelijke kilometers door sonar worden overbrugd.

Tabel 1. Karakteristieke waarden voor elektromagnetische resp. akoestische trillingsverschijnselen in lucht resp. water.

	Absorptie-coëfficiënt in dB/km (f in kHz)	Voortplantingssnelheid in km/s
E.M.-trilling, in lucht	$< 10^{-5}$	$3 \cdot 10^5$
E.M.-trilling, in water	$\approx 1090\sqrt{f}$	
Geluid, in water (0 °C)	$\approx 0{,}008\,f^2$	1,5

De voortplantingssnelheid bij sonar is, vergeleken met radio, bijzonder laag en bovendien afhankelijk van temperatuur, druk en zoutgehalte. Die lage voortplantingssnelheid spreekt in het bijzonder, indien men zich realiseert dat een radioboodschap tussen de aarde en de maan dezelfde tijdsvertraging ondervindt als een akoestisch bericht, overgebracht over een afstand van 2 km onder water, nl. beide ca. 1,3 s. In het geval van een actieve sonar kan de echo-ontvangst wel plaatsvinden tot 10 s of meer na het uitzenden van een impuls: dientengevolge is de ontvangen informatie zeer 'oud' vergeleken met radar. Bovendien kunnen in de tijd, die bij sonar nodig is om één enkele verre echo te ontvangen (bijv. 10 s), bij radar-bedrijf (bij een repetitiefrequentie van 500 Hz) 5000 verre echo's worden ontvangen.

Berekent men de golflengten voor radar en sonar, dan blijkt dat deze van dezelfde grootte-orde zijn: een golflengte van 15 cm komt bij radar overeen met een aldaar toegepaste frequentie van 2000 MHz en bij sonar met een gebruikelijke frequentie van 10 kHz.

Het sonar-medium is, vergeleken bij het radar-medium, sterk begrensd. Bij sonar denken wij aan waterdiepten van enkele tientallen tot enkele honderden meters langs de kust van de continenten. Buiten het continentale plat vindt men diepten van enkele duizenden meters. De afstand, waarover informatie moet worden overgebracht, ligt in de grootte van bijv. 1000 ... 10 000 m. Onder vele omstandigheden heeft het medium dus een 'plat' karakter met alle gevolgen van dien (reflecties, meerpadsverbindingen e.d.). Daarenboven hebben de grensvlakken een bijzondere geaardheid.

De zeebodem is als regel geaccidenteerd en kan in akoestisch opzicht sterk van eigenschappen wisselen, afhankelijk van de aard van de bodem (modder, zand rots of mengvormen). De bodem is veelal gelaagd, zodat binnendringend geluid langs een aantal wegen weer kan uittreden.

Het grensvlak water-lucht is beter gedefinieerd maar in tegenstelling tot de bodem is het in voortdurende beweging, afhankelijk van wind. Deze beweging wordt uitgedrukt in een waarde van de zeetoestand. De zeetoestand geeft een schatting van de ruwheid van het wateroppervlak volgens een in de zeevaart bekende schaal.

De toegepaste geluidsbundeling in de sonar is van een zodanige grootte (bijv. 10 ...20 °) dat in veel gevallen het geluid via het oppervlak of de bodem of via beide de ontvanger bereikt, zelfs onder isotherme condities. Dit leidt in een actieve sonar tot sterke storende echo's met frequenties in de omgeving van de uitgezonden frequentie (*bodem-* en *oppervlak*-reverberaties). Daarnaast kent men de *volume*-reverberaties als gevolg van inhomogeniteiten in het medium (bijv. wolken van plantaardig of dierlijk leven, stromingen e.d.).

Zoals uit artikel II van deze reeks zal blijken, speelt het verloop van de watertemperatuur als functie van de diepte een zeer belangrijke rol bij de voortplanting van het geluid. Dit kan tot gevolg hebben, dat de bodem of het wateroppervlak op een bijzondere wijze in de voortplanting wordt betrokken. Het temperatuurverloop is verder afhankelijk van de geografische plaats, het jaargetijde en het uur van de dag.

Uit deze korte opsomming moge blijken dat, in tegenstelling tot radar, de sonar in grote mate afhankelijk is van mediumfactoren. Dit stelt de ontwerper voor een reeks vraagstukken, zowel aangaande de globale werking qua propagatie als aangaande de keuze van het uit te zenden signaal.

Indeling van sonar-toestellen

Het woord sonar gebruikt men als verzamelnaam voor alle toestellen die akoestische trillingen onder water benutten om objecten daarin te detecteren (aanwezigheid vaststellen), te lokaliseren (richting en afstand bepalen) en te identificeren (bepalen van de aard van het object). In een wijdere betekenis kan men tot sonar ook rekenen de apparaten voor onderwatercommunicatie.

Bij *passieve* sonar maakt men gebruik van het geluid, dat het te detecteren object voortbrengt als gevolg van zijn voortstuwing (schroefgeruis); ook kan men gebruik maken van sonaruitzendingen van het object zelf. Zonder zelf een signaal uit te zenden is de waarnemer aldus onder geschikte omstandigheden in staat om richting of afstand van het doel te bepalen.

Met *actieve* apparatuur zendt men zelf een impulsvormig signaal uit en tracht een echo van het object te ontvangen. De toe te passen zendfrequentie kiest men bij voorkeur laag in verband met de geringe demping. De keuze wordt echter begrensd door de overweging dat een gewenste bundelbreedte bij een gegeven frequentie de afmeting van de transducer bepaalt. Frequenties tussen 5 en 25 kHz worden veel toegepast; voor sommige doeleinden gaat men tot frequenties van 200 kHz en hoger. De impulsduur kan enkele honderden milliseconden bedragen, voor de lagere frequenties, tot enkele tientallen milliseconden en zelfs 100 μs voor de hoogste frequenties. De hogere frequenties en de korte impulsen treft men als regel aan in de civiele toepassingen (echoloden en visserij-sonars).

Communicatie-apparatuur beoogt meestal telegrafie- of telefonie-overdracht tussen schepen, tussen duikers onderling of tussen schip en duiker.

Sonar transducers kunnen vast verbonden zijn met de zeebodem of de wal. Kabels verbinden dan de transducers met de apparatuur aan de wal. De meeste sonars zijn echter geplaatst aan boord van schepen. De transducer, die zowel zenden als ontvangen verzorgt, is dan aangebracht op een akoestisch gunstige plaats onder de waterlijn en omgeven door een 'dome' ter vermindering van het stromingsgeruis ('hull-mounted sonar').

Bij de 'variable depth sonar' brengt men de transducer, gesleept aan een kabel, op een geschikte diepte onder het wateroppervlak. Ten slotte kent men mobiele toepassingen. Zo is het mogelijk om de transducer aan een kabel vanuit een in de lucht stilstaande helikopter in zee neer te laten ('dipping sonar'). Sonar-toestellen zijn soms geplaatst in drijvende of verankerde boeien of ze worden meegenomen door duikers bij hun werk onder water.

Sonar aan boord van oppervlakteschepen

Wij beperken ons tot enkele opmerkingen betreffende de sonars voor middelbare afstanden. Dergelijke sonars werken meestal in de zgn. 'surface-duct mode', d.w.z. het geluid plant zich daarbij voornamelijk in een isotherme oppervlaktelaag voort.

In de 'zoeklicht'-uitvoering heeft de transducer een vlakke, rechthoekige of ronde vorm, bezet met transducer-elementen. Het geheel is in het horizontale vlak mechanisch instelbaar (baksbaar). In de gevormde enkele bundel wordt een impuls uitgezonden en een eventuele echo ontvangen. Daarna kan de transducer mechanisch over de bundelbreedte worden gebakst en is een nieuwe zend-ontvangcyclus mogelijk. Het is duidelijk dat het stapsgewijs baksen, gegeven de lage voortplantingssnelheid van het geluid, tot aanmerkelijk tijdverlies leidt indien een gegeven sector onderzocht moet worden. Daar staat tegenover dat, voor een gegeven beschikbare elektrische energie, op de as van het richtingsdiagram de maximale geluidsdruk kan worden verkregen.

De 'scanning sonar' maakt gebruik van een transducer, bestaande uit een aantal elementen (staven) die op onderling gelijke afstanden langs de omtrek van een cirkel zijn geplaatst. De uit te zenden impuls wordt gelijktijdig aan alle staven toegevoerd, zodat de uitzending 'omni', d.i. over 360° plaatsvindt. Bij de ontvangst gebruikt men elk moment slechts een beperkt aantal naast elkaar liggende staven om een bundel te formeren. Deze bundel doorloopt achtereenvolgens alle peilingen tussen 0 en 360°. Dit wordt bewerkstelligd door een snel ronddraaiende capacitieve commutator, aangedreven door een motor. Het nadeel van dit systeem is, dat door de beperkte omwentelingssnelheid van de commutator slechts een deel van de beschikbare echo-energie de ontvanger-ingang bereikt. Bovendien ontbreekt de bundeling van het geluid in het horizontale vlak bij zenden, zodat bij gegeven beschikbare energie de geluidsdruk lager uitvalt.

De moderne 'pre-formed beam' sonar combineert de voordelen van de 'searchlight'- en de 'scanning'sonar. Deze is op te vatten als een reeks van in het horizontale vlak aaneensluitende zoeklichtsonars. Bij zenden wordt achtereenvolgens in elk van de bundels het signaal uitgezonden. Bij ontvangst is elk van de bundels verbonden met een eigen ontvanger. De eenvoudigste ontvangervorm is die waarbij het ontvangen signaal wordt gelijkgericht en geïntegreerd overeenkomstig de te verwachten echoduur. Een aantal van dergelijke uitgangen kan, als gevolg van het laagfrequente karakter van het verkregen signaal, worden afgetast door een mechanische of elektronische schakelaar. Om dat het echo-spectrum in principe bekend is, past men ook wel een hierop aangepast filter toe. Men is echter gedwongen om een reeks van dergelijke filters te gebruiken, daar de ontvangen signaalfrequentie Doppler-verschuiving kan vertonen.

De sonar-formule

De sonar-formule geeft in een sterk geïdealiseerde vorm het onderlinge verband tussen een aantal grootheden. Voor een echosituatie is de uitdrukking:

$$[SL] - 2(20 \log r + \alpha r) + [TS] = ([NL] - [DI] + 10 \log \Delta f) + [DT]$$

Hierin is:

$[SL]$ = Source Level (bronsterkte), samengesteld uit het toegevoerde vermogen en de Directivity Index (richtingsgevoeligheid) bij zenden.

$2(20 \log r + \alpha r)$ brengt de demping tot uitdrukking, deels als een gevolg van de hier als bolvormig aangenomen uitbreiding (r = afstand), deels als een gevolg van de toegepaste frequentie (demping α). Hier moge opgemerkt worden dat de amplitude van zowel signaal als reverberaties zeer sterk (40 ... 100 dB) afneemt met de afstand. Dit leidt tot een zeer moeilijk dynamiek probleem in de constructie van de ontvanger.

$[TS]$ = Target Strength (doel-sterkte). Deze vormt een maat voor de reflectie-eigenschappen van het doel en is o.m. afhankelijk van het doel-aspect.

$[NL]$ = Noise Level (ruisniveau), gereduceerd tot 1 Hz bandbreedte. Deze term vormt de som van in hoofdzaak de eigen ruis (dome-ruis), als gevolg van het langsstromende water, en het geruis als gevolg van de directe overdracht door de voortstuwingsmachines. In mindere mate speelt ook zeeruis een rol.

$[DI]$ = Directivity Index (richtingsgevoeligheid) bij ontvangst. Dit is een maat voor de bundeling, die, in dB gemeten, in mindering komt op NL (welke rondom wordt aangenomen).

$10 \log \Delta f$ brengt de bandbreedte van de ontvanger in rekening, die bepaald wordt door een maximale te verwachten Dopplerverschuiving van het ontvangen signaal.

$[DT]$ = Detection Threshold (herkenningsindex), ook wel 'recognition differential' genoemd. Hiermede drukt men de kwaliteit van de presentatie van het signaal uit. Zo neemt men in het geval van een CW (continuous wave)-sonarimpulstransmissie een waarde aan van -6 dB voor de (superieure) auditieve waarneming en voor sommige vormen van signaalpresentatie

op een Plan Position Indicator (PPI) een waarde van +2dB.

Voor elk van de in de vergelijking gebezigde grootheden bestaan afspraken betreffende referentieniveaus. De grootheden worden ten opzichte hiervan in een decibelschaal uitgedrukt. De sonar-formule geeft een inzicht omtrent de afstand, waarop maximaal nog detectie mogelijk is, d.w.z. de doelsafstand waarvoor de signaal-ruisverhouding bij ontvangst 0 dB bedraagt. De termen links van het gelijkteken vormen tezamen een maat voor het terugkerende geluidsvermogen.

Zoals opgemerkt gaat de sonar-formule uit van een sterk geïdealiseerde situatie. Zo komt in deze formule bijv. niet de eerder genoemde 'reverberatie' voor, welke een sterke verhoging van de storing veroorzaakt. Aan deze storing kan men alleen ontkomen voor signalen met voldoend grote Doppler-verschuiving. Door bijv. Δf in overeenstemming met de pulslengte te kiezen zouden de signalen buiten het reverberatiespectrum waargenomen kunnen worden.

Ook komen in de sonar-formule de eigenaardigheden van de voortplanting niet tot uiting. De geluidsuitbreiding is als regel deels bolvormig en deels cilindervormig, terwijl diverse paden gevolgd kunnen worden, afhankelijk van de temperatuursituatie.

Tenslotte zij opgemerkt, dat deze formule geldt voor de klassieke CW-sonar. De eventuele noodzakelijke correctie van één of meer termen, bij het gebruik van signalen met een bandbreedte · tijd-produkt > 1, is niet in aanmerking gebracht.

Literatuur

[1] URICK, R. J.: Principles of underwater-sound for engineers. McGraw-Hill Book Company, New York, 1967.

[2] HORTON, J. W.: Fundamentals of sonar. U.S. Naval Institute, 1965.

[3] GUIESSE, L. et SABATHÉ, P.: Acoustique Sous-Marine. Dunod, Paris, 1964.

[4] HONORAT, R.: Les Sonars. Toute l'Electronique, 1970, pp. 5...9, 59 ... 62, 325 ... 329, 445 ... 449.

*

* *

II. Transducers voor actieve sonar

door ir. H. A. J. Rijnja, Physisch Laboratorium RVO-TNO, 's-Gravenhage



Synopsis: *Transducers for Active Sonar.*

The most important properties of an active sonar transducer are its 'Source Level' and its 'Directivity Index'. The attainable levels depend on the frequency and the dimensions of the transducer. A high Source Level requires a high electro-acoustical efficiency, realizable only at frequencies near the resonant frequency of the transducer. This is shown with the aid of an equivalent circuit for the transducer.

Some examples are given of transducers with active elements of ceramic piezo-electric material.

Enkele akoestische begrippen

Geluid doet zich aan ons voor als een mechanische trilling van een vaste stof, vloeistof of gas, die zich met een bepaalde snelheid voortplant.

Het is dus een golfverschijnsel met een zekere golflengte λ, waarvan de grootte afhangt van de voortplantingssnelheid c en de frequentie f, volgens de relatie $\lambda = c/f$. De zich voortplantende geluidsgolf transporteert een bepaalde hoeveelheid energie, die van de geluidsbron afkomstig is. De sterkte van het geluid kan worden beschreven door invoering van het begrip 'intensiteit', voorgesteld door de letter I. De intensiteit is gelijk aan de energiestroomdichtheid en wordt uitgedrukt in joule per m² per seconde $[J/(m^2 \cdot s)]$ of Watt per m² $[W/m^2]$. De aanwezigheid van geluidsgolven in lucht of in water kan worden geconstateerd door waarneming van de drukvariaties die door de passerende geluidsgolven worden veroorzaakt.

Wanneer deze drukvariaties een effectieve waarde hebben gelijk aan p $[N/m^2]$ dan wordt het verband tussen de intensiteit en de geluidsdruk gegeven door:

$$I = \frac{p^2}{Z} \qquad [W/m^2] \tag{1}$$

Hierin is Z de akoestische impedantie van het medium, uitgedrukt in $N \cdot s/m^3$. Het is gebruikelijk om de sterkte van een geluid niet te specificeren door de intensiteit ervan, maar door het *niveau*, dat gelijk is aan 10 maal de Briggse logaritme van de intensiteit. Stellen wij het niveau (Engels: 'level') voor door het symbool $[L]$, dan geldt dus, mede met formule (1):

$$[L] = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{p}{p_0} - 10 \log \frac{Z}{Z_0} \tag{2}$$

Hierin is:

$I_0 = 1\ W/m^2$
$p_0 = 1\ \mu N/m^2$
$Z_0 = 1\ N \cdot s/m^3$

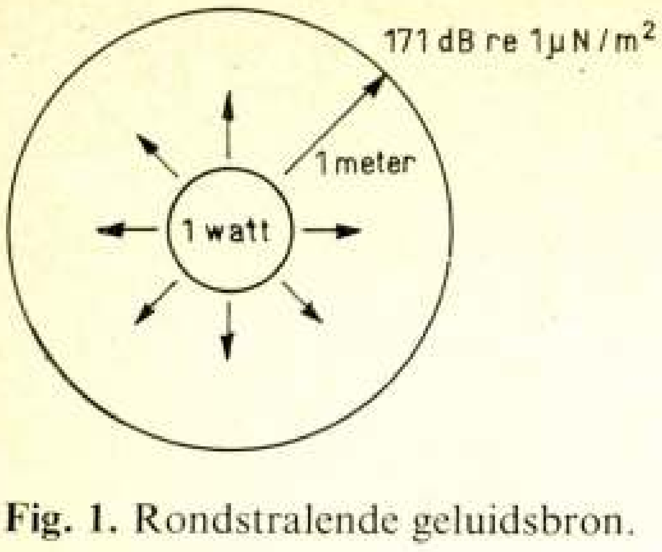


Fig. 1. Rondstralende geluidsbron.

Het niveau wordt uitgedrukt in decibel ten opzichte van een bepaald nulniveau, dat hier gelijk is aan 1 W/m^2. De gebruikelijke schrijfwijze hiervoor is: dB re 1 W/m^2.

I wordt uitgedrukt in W/m^2; voor p wordt daarentegen gewoonlijk als eenheid gebruikt de $\mu N/m^2$.

Bij een geluidsbron hebben wij te maken met de configuratie van fig. 1. Een geluidsbron die 1 W produceert en waarbij in alle richtingen gelijke energie wordt uitgestraald, veroorzaakt op 1 m afstand een geluidsintensiteit:

$$I = \frac{1}{4\pi} \qquad [W/m^2] \tag{3}$$

Formule (2) stelt ons in staat het geluidsdrukniveau, het zgn. 'Source Level' $[SL]$ te berekenen op 1 m afstand van die bron:

$$[SL] = 20 \log \frac{p}{p_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log \frac{Z}{Z_0} = 171 \text{ dB re } 1\ \mu N/m^2 \tag{4}$$

Hierbij is aangenomen voor de akoestische impedantie van water: $Z = 15 \cdot 10^5\ N \cdot s/m^3$.

Op grotere afstand neemt de intensiteit evenredig met het kwadraat van de afstand af, maar de geluidsdruk daalt, in verband met formule (1), slechts omgekeerd evenredig met de afstand.

Sonar transducers

Dynamiek

Bij een actieve sonar-installatie wordt de schakel tussen het apparaat en het zeewater gevormd door de transducer. Deze transducer verzorgt de uitzending van sonar-signalen in het water: hij vangt de terugkerende signalen uit het water op. Het is voordelig om de beide taken van luidspreker en microfoon door dezelfde transducer te laten verrichten. Dit is mogelijk omdat beide functies nooit gelijktijdig, maar na elkaar optreden. De werking van de transducer moet hiertoe op een omkeerbaarproces berusten, zoals bijv. een elektromagnetische, elektrostatische, piëzomagnetische of piëzo-elektrische werking.

Hoewel het verschil tussen het geluidsniveau van de uitgezonden en van de ontvangen signalen zeer groot kan zijn (tot 180 dB toe), is het zeer goed mogelijk deze enorme dynamiek door een enkele transducer te laten verwerken. De genoemde processen zijn nl. lineair zolang geen verzadigingsverschijnselen of elektrische doorslag optreden.

Door het water zelf wordt echter ook een grens gesteld aan het uit te zenden vermogen, en wel door het verschijnsel van 'cavitatie' aan het oppervlak van de transducer. Cavitatie treedt op wanneer de piekwaarde van de geluidsdruk de ter plaatse heersende hydrostatische druk overschrijdt. Als vuistregel kan worden aangenomen dat hierdoor het maximaal uit te zenden vermogen van een transducer, die enkele meters onder water is geplaatst, beperkt wordt tot ongeveer 1 W/cm^2 transduceroppervlak.

Omdat de bruikbaarheid van een sonar-installatie toeneemt met toenemende sterkte van de uitgezonden geluidssignalen, is het wenselijk dat de transducer een groot vermogen kan verwerken. In verband met mogelijke problemen van warmteafvoer èn om economische redenen is het van belang dat de transducer een hoog rendement heeft van de orde van 50% of meer.

Het is in principe mogelijk om transducers, ontworpen voor geluid in lucht (luidsprekers en microfoons), onder water (in een waterdichte constructie) te gebruiken. De zo verkregen onderwater-transducers werken echter verre van optimaal, doordat de akoestische impedantie van het water bijna een factor 4000 hoger is dan die van lucht. Om eenzelfde geluidsintensiteit te verkrijgen is onder water een 60 maal zo hoge geluidsdruk nodig als in de lucht, waarbij bovendien de deeltjessnelheid een factor 60 kleiner is.

Men is dus genoodzaakt om voor transducers, bestemd voor gebruik onder water, een veel stijvere constructie toe te passen dan voor luchtgeluid-transducers. Bovendien blijken elektromagnetische en elektrostatische systemen niet geschikt te zijn om de grote krachten te leveren, die voor een redelijke geluidsintensiteit onder water vereist zijn, tenzij extreem hoge veldsterkten, stromen of spanningen worden toegepast.

Piëzo-elektrische en magneto-strictieve systemen bieden *wèl* grote voordelen. In de transducers hiervan treden betrekkelijk kleine deformaties op, die gepaard gaan met hoge inwendige krachten, wat juist voor het opwekken van geluidstrillingen onder water nodig is. Ook met deze systemen is het echter niet mogelijk een hoog rendement te verkrijgen over een groot frequentiegebied. Alleen bij de mechanische resonantiefrequentie van de transducer kan een redelijk hoog rendement bereikt worden. Aan de hand van een elektrisch analogon zal dit worden aangetoond. Wij beperken ons tot een piëzo-elektrische transducer. De 'motor' hiervan is een piëzo-elektrisch element, waarin een mechanische deformatie met behulp van een elektrisch veld wordt teweeggebracht. Deze deformatie wordt door middel van een trilplaat op het omringende medium overgebracht. De massa en de stijfheid van het trillende systeem bepalen de resonantiefrequentie.

Vervangingsschema

Via de piëzo-elektrische transformatie kan de mechanische resonantie worden waargenomen aan de elektrische toevoerdraden van de transducer, die zich dan als een trillingskring gedraagt. Het is mogelijk een elektrisch vervangingsschema te

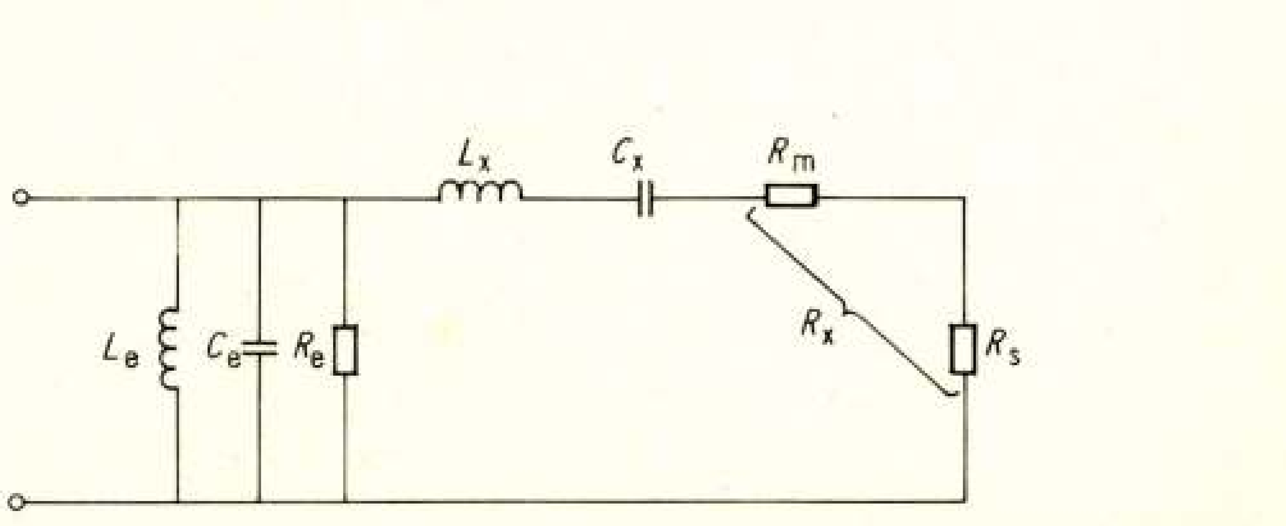


Fig. 2. Elektrisch vervangingsschema van een transducer.

tekenen waarin de discrete elementen van de transducer als elektrische onderdelen worden teruggevonden (fig. 2). Hierin stelt L_x de effectieve meetrillende massa voor en C_x de effectieve elasticiteit van het trillende systeem. C_e is de elektrische capaciteit van de elektroden van de transducer en L_e is een uitwendig aangebrachte zelfinductie, waarmee het systeem in het elektronische circuit ohms kan worden gemaakt bij de akoestische resonantie. R_m vertegenwoordigt de mechanische verliezen t.g.v. inwendige wrijvingen en dempingen, terwijl R_s equivalent is met de stralingsweerstand van de trilplaat en gelijk is aan het oppervlak hiervan vermenigvuldigd met de akoestische impedantie Z. De resonantiefrequentie van deze keten is:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{1}{L_x C_x}} = \sqrt{\frac{1}{L_e C_e}}$$

De mechanische kwaliteitsfactor is:

$$Q_x = \frac{1}{R_x}\sqrt{\frac{L_x}{C_x}} = \frac{\omega_o L_x}{R_x} = \frac{1}{\omega_o R_x C_x} \tag{5}$$

Rendement

Het rendement van deze schakeling wordt gedefinieerd als het deel van het toegevoerde vermogen dat in R_s wordt geabsorbeerd. Het is opgebouwd uit een elektromechanisch (η_{em}) en een mechano-akoestisch rendement (η_{ma}):

$$\eta_{em} = \frac{R_e}{R_e + R_x(1+\gamma^2 Q_x^2)} \tag{6}$$

waaruit, wegens $\gamma = \omega/\omega_o - \omega_o/\omega$ volgt:

$$\eta_{em}(\omega_o) = \frac{R_e}{R_e + R_x} \tag{7}$$

terwijl voorts:

$$\eta_{ma} = \frac{R_s}{R_x} \tag{8}$$

Het elektromechanische rendement hangt sterk af van de frequentie en is maximaal bij de resonantiefrequentie.

De bandbreedte waarbinnen dit rendement tot de helft kan dalen wordt hieruit afgeleid als:

$$\Delta\omega = \frac{\omega_o}{Q_x}\sqrt{\frac{1}{1-\eta_{em}(\omega_o)}} \tag{9}$$

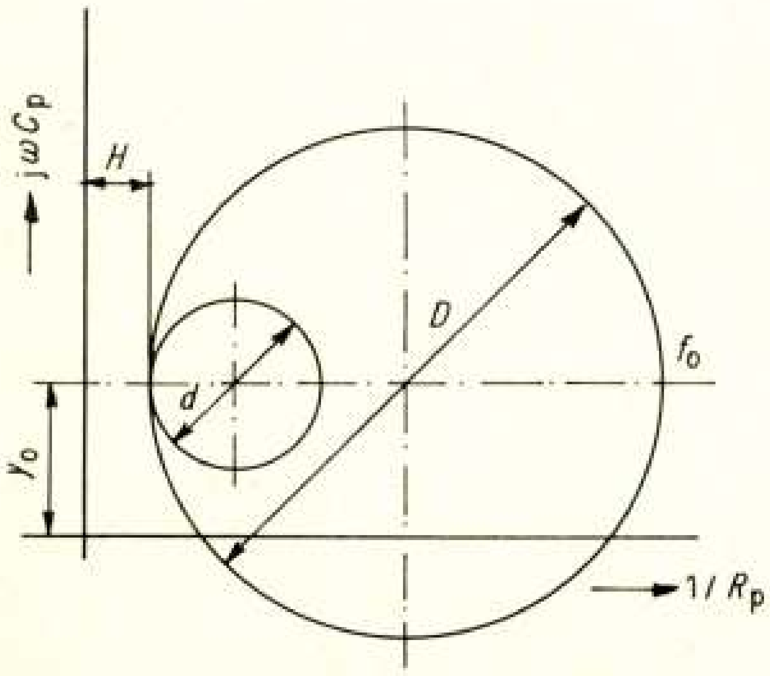


Fig. 3. Admittantie-vectordiagram van een piëzo-elektrische transducer.

Men kan deze bandbreedte vergroten door de trilplaat groter te kiezen. Hierdoor stijgt de waarde van R_s en daarmede ook die van R_x. Volgens formule (5) daalt dan de waarde van Q_x, waardoor de bandbreedte toeneemt. Echter, volgens formule (7) heeft een vergroting van R_x een afnemen van het elektromechanisch rendement tot gevolg. Vergroting van de bandbreedte leidt dus tot een verlaging van het rendement. Een hoog rendement kan slechts binnen een beperkte frequentieband worden verkregen.

Een belangrijk hulpmiddel om het gedrag van een transducer bij resonantie te bestuderen en om het rendement te bepalen is het opmeten van het admittantie-vectordiagram. In fig. 3 is dit diagram weergegeven; daarin is:

$$H = \frac{1}{R_e}$$

$$D = \frac{1}{R_m}$$

$$d = \frac{1}{R_m + R_s}$$

Wordt dit diagram geconstrueerd, eenmaal met de transducer onbelast (dus in lucht) en een tweede maal met de transducer onder water, dan kunnen uit beide diagrammen de belangrijkste parameters van de transducer worden bepaald. De diameters van de twee cirkels, D en d, en de afstand H van de cirkels tot de verticale as geven de grootte van het rendement en bovendien in hoeverre dit rendement optimaal is.

$$\eta_{em}(\omega_o) = \frac{d}{H+d}$$

$$\eta_{ma} = \frac{D-d}{D}$$

Deze rendementen zijn maximaal wanneer:

$$H + d = \sqrt{H(H+D)}$$

Het biedt voordelen om de transducer elektrisch af te stemmen op zijn mechanische resonantiefrequentie, omdat hierdoor de reactieve component van de admittantie bij *drie* frequenties verdwijnt en over een brede frequentieband klein blijft. Het gebruik van het admittantie-diagram is bij dit afstemmen onontbeerlijk.

Richteffect

Een tweede belangrijke factor is het richteffect van de transducer. Men wil over het algemeen de uitgezonden energie bundelen in één bepaalde richting. Deze richting zullen wij aanduiden met de 'as' van de transducer.

De bronsterkte van de transducer, aangeduid met de term 'Source Level', wordt weer gedefinieerd als de effectieve waarde van de geluidsdruk op de as, op 1 m afstand van de transducer.

Nu wij niet meer te maken hebben met een rondstralende bron, maar met een bron met richteffect, meten wij op de as van de bron dus een hoger geluidsniveau. De toeneming van het niveau ten gevolge van het richteffect noemen we de 'Directivity Index'. Het geluidsniveau $[SL]$ op de as van een transducer met Directivity Index $[DI]$ is dan voor een uitgezonden vermogen van 1 W gelijk aan:

$$[SL] = ([DI] + 171)\ [\text{dB re } 1\ \mu\text{N/m}^2] \tag{10}$$

Zendt de transducer niet 1 W uit maar W watt, dan wordt het Source Level:

$$[SL] = 10 \log W + [DI] + 171 \quad [\text{dB re } 1\ \mu\text{N/m}^2] \qquad (11)$$

De Directivity Index kan worden gevonden door integratie van het in alle richtingen uitgezonden vermogen over een bolvormige ruimte, dit vermogen te middelen en hieruit af te leiden wat het Source Level geweest zou zijn als er geen richteffect aanwezig was. Het verschil in decibel met het werkelijk gemeten Source Level is dan de Directivity Index.

Berekening leert, dat voor eenvoudige configuraties de Directivity Index alleen afhangt van het oppervlak van de transducer en van de golflengte λ. Voor een vlakke rechthoekige transducer met oppervlak S wordt gevonden:

$$[DI] = 10 \log \frac{4\pi S}{\lambda^2} \quad [\text{dB}] \qquad (12)$$

mits $S > \lambda^2$.

Voor een vlakke cirkelvormige transducer met diameter d geldt:

$$[DI] = 20 \log \frac{\pi d}{\lambda} \quad [\text{dB}] \qquad (13)$$

waarbij d groter moet zijn dan λ.

Voor een slanke staafvormige transducer met lengte h, die in een vlak loodrecht op de lengte-as van de staaf in alle richtingen evenveel uitzendt, wordt de Directivity Index:

$$[DI] = 10 \log \frac{2h}{\lambda} \quad [\text{dB}] \quad (h > \lambda) \qquad (14)$$

Bundelbreedte

Door het richteffect zal buiten de as van de transducer het geluidsniveau lager zijn dan op de as. Er zijn richtingen aan te geven waarin dit niveau tot 3 dB beneden dat van de as gedaald is. Deze richtingen maken hoeken θ met de asrichting. De 'bundelbreedte' van de transducer wordt nu gedefinieerd als de hoek waarbinnen het geluidsniveau niet meer dan 3 dB gedaald is t.o.v. het niveau op de as. De bundelbreedte beslaat dus tweemaal de hoek θ. Tussen de (in ° uitgedrukte) hoek θ en de afmeting van de transducer, uitgedrukt in golflengten λ, blijkt weer een eenvoudig verband te bestaan.

Voor een ronde cirkelvormige transducer met diameter d geldt:

$$\theta = \frac{\lambda}{d} \cdot 30^\circ \qquad (15)$$

Hiermede kan door invullen in formule (13) de Directivity Index worden uitgedrukt in de hoek θ:

$$[DI] = 39{,}5 - 20 \log \theta \quad [\text{dB}] \qquad (16)$$

Voor een staafvormige transducer met lengte h geldt

$$\theta = \frac{\lambda}{h} \cdot 25^\circ,$$

zodat de Directivity Index wordt:

$$[DI] = 17 - 10 \log \theta \quad [\text{dB}]$$

Voorbeelden

Van een tweetal voorbeelden zullen aan de hand van de afmetingen de akoestische grootheden worden berekend.

• Een cilindervormige transducer, waarvan de resonantiefrequentie 21 kHz bedraagt, heeft een diameter van 35 cm en een hoogte van 31 cm. De transducer is opgebouwd uit 24 staven van elk 6 elementen. Door telkens 8 naast elkaar liggende staven samen te nemen en deze via geschikte elektrische vertragingen aan te stoten, kunnen wij door het gebogen oppervlak een vlak golffront laten uitzenden. Wij verkrijgen zo een transducer met een effectief stralend oppervlak van ongeveer $30 \times 31\ \text{cm}^2$. De golflengte bedraagt bij 21 kHz 7,1 cm. De transducer is dus $4{,}2\,\lambda \times 4{,}4\,\lambda$ groot.

Uit formule (12) volgt dan voor de Directivity Index $[DI] = 23{,}7$ dB. Het maximaal uit te zenden vermogen bedraagt voor elke cm^2 ongeveer 1 W, en wordt hier dus in totaal 930 W. Het Source Level van deze transducer bedraagt dan volgens formule (11): $[SL] = (29{,}7 + 23{,}7 + 171)$ dB $= 224{,}4$ dB.

• Een tweede voorbeeld betreft een bij het Physisch Laboratorium vervaardigde grote experimentele transducer die op een frequentie van 5 kHz is afgestemd. De diameter bedraagt 150 cm en de hoogte 90 cm. De transducer bestaat uit 36 staven van elk 6 elementen. Op eenzelfde manier als bij het eerste voorbeeld wordt de geluidsbundel gevormd door een sector van 120° van het cilindrische transduceroppervlak, waarbij telkens 12 staven meedoen. Het effectief stralend oppervlak van de transducer bedraagt zodoende ongeveer $130 \times 90\ \text{cm}^2$.

Bij 5 kHz is de golflengte 30 cm; voor de Directivity Index wordt hier met formule (12) gevonden: $[DI] = 22{,}2$ dB. Het maximum uit te zenden vermogen volgt uit de grootte van het oppervlak: $W_{max.} = 11\,700$ W. Het Source Level, berekend met formule (11), is dan $[SL] = (40{,}7 + 22{,}2 + 171)$ dB $= 233{,}9$ dB.

Keramische transducers

Het realiseren van een transducer in een praktische vorm is op verschillende wijzen mogelijk. Wij zullen ons beperken tot de toepassing van keramisch piëzo-elektrisch materiaal van het type bariumtitanaat-loodzirconaat. Dit materiaal is verkrijgbaar in een groot aantal samenstellingen met toevoeging van calcium, strontium en andere metalen. Door de keramische bereidingswijze is het mogelijk elke gewenste vorm aan het piëzo-elektrische element te geven. Men kan de vorm zodanig kiezen, dat onder water de gewenste Q-waarde optreedt, of zodanig dat de benodigde koppelplaten op de juiste wijze kunnen worden aangebracht.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen rondstralende transducers en gerichte transducers. De laatste zijn steeds groter dan de golflengte van het geluid onder water; meestal worden ze opgebouwd uit een aantal kleine transducers.

De constructie van de transducer dient zodanig te zijn dat de beweging van het stralend oppervlak een volumeverplaatsing van het medium teweegbrengt. Een blokje massief piëzo-elektrisch materiaal is minder geschikt in dit opzicht, omdat het piëzo-elektrisch effect wel een deformatie geeft maar vrijwel geen volumeverandering. Door een juiste vormgeving of door een speciale constructie dient de deformatie in een volumeverandering te worden omgezet.

Rondstralers

De eenvoudigste vorm vinden wij in de *boltransducer* van fig. 4. Twee halve bollen uit keramisch materiaal zijn in- en uitwendig bekleed met een zilverlaagje, waarvan de buitenlaag tevens als aardelektrode dienst doet. De resonantiefrequentie wordt in eerste benadering bepaald door de boldiameter. De wanddikte bepaalt dan de factor Q_x in water, de gevoeligheid en de capa-

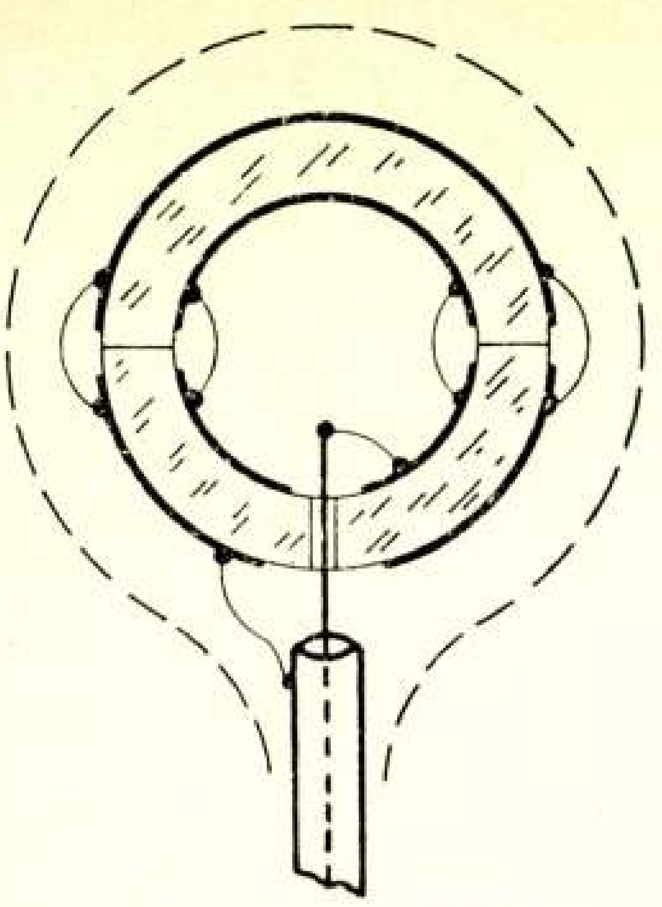


Fig. 4. Boltransducer.

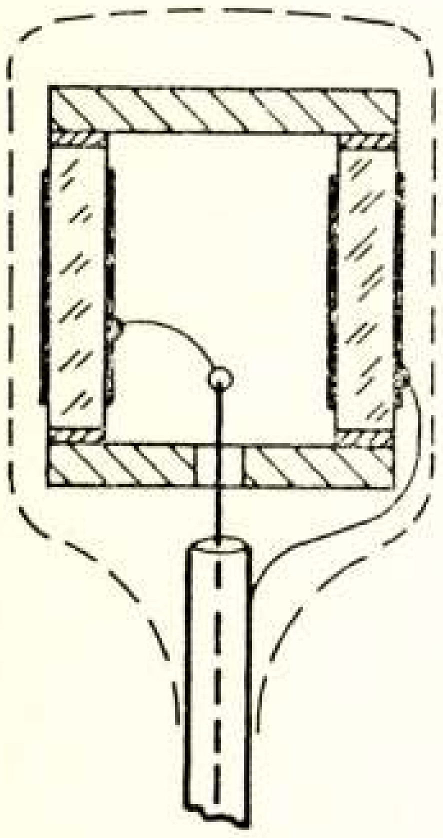


Fig. 5. Cilindertransducer.

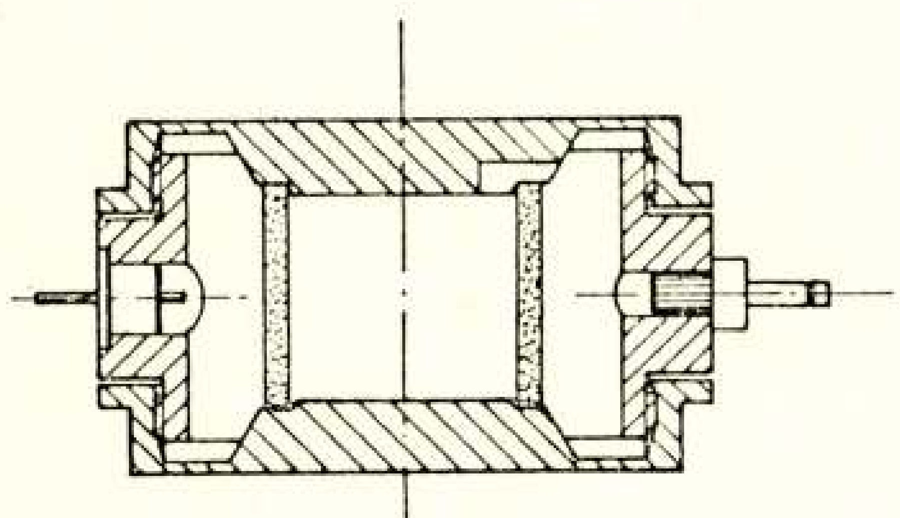


Fig. 6. Tweezijdige transducers.

citeit, en dus ook de impedantie. Als grootte-orde kan worden gegeven dat de wanddikte voor optimale aanpassing ongeveer 1/10 van de diameter moet zijn.

Een variant hierop is de *cilindertransducer*, die bestaat uit een holle keramische cilinder voorzien van eindplaten (fig. 5). De elektroden kunnen worden aangebracht op de cilindrische oppervlakken, maar het is ook mogelijk de elektroden uit te voeren

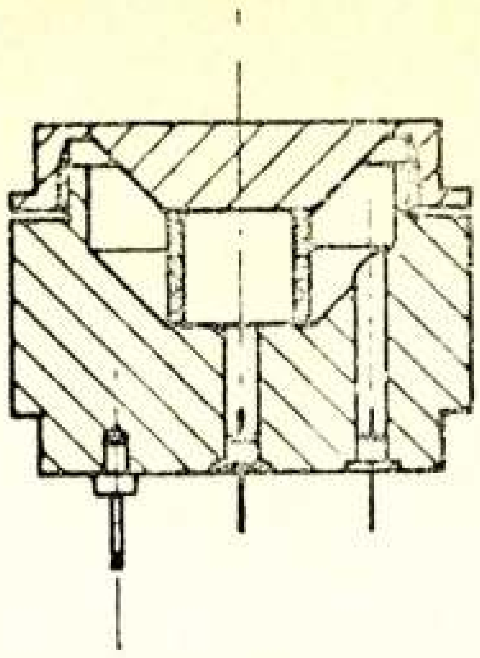


Fig. 7. Asymmetrische transducers.

als smalle rechte strips evenwijdig aan de asrichting van de cilinder, of als equidistante cirkels loodrecht op de asrichting. De diameter, de lengte en de wanddikte bepalen weer de resonantiefrequentie en de factor Q_x. De gunstigste vorm wordt verkregen wanneer de lengte ongeveer gelijk is aan de diameter

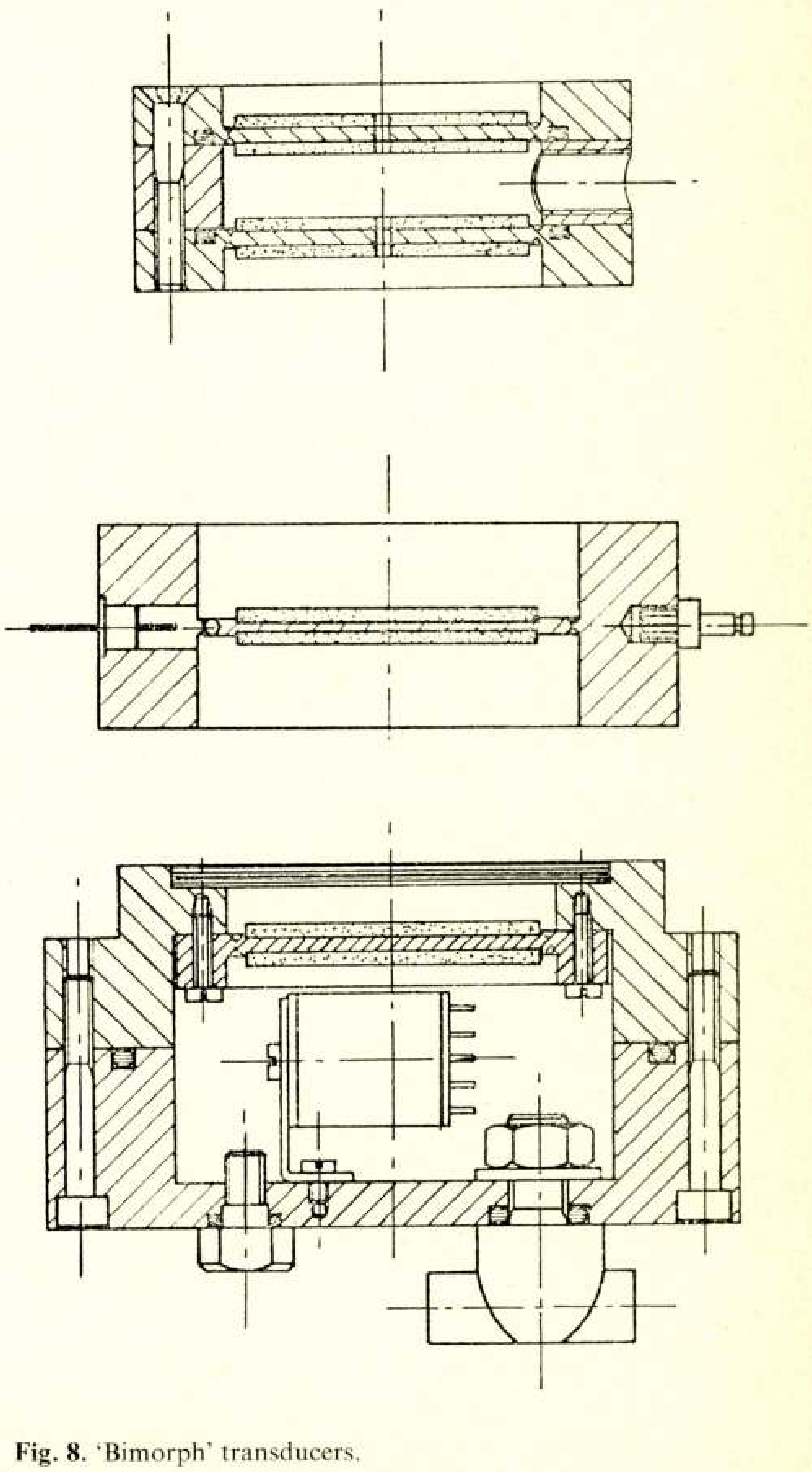


Fig. 8. 'Bimorph' transducers.

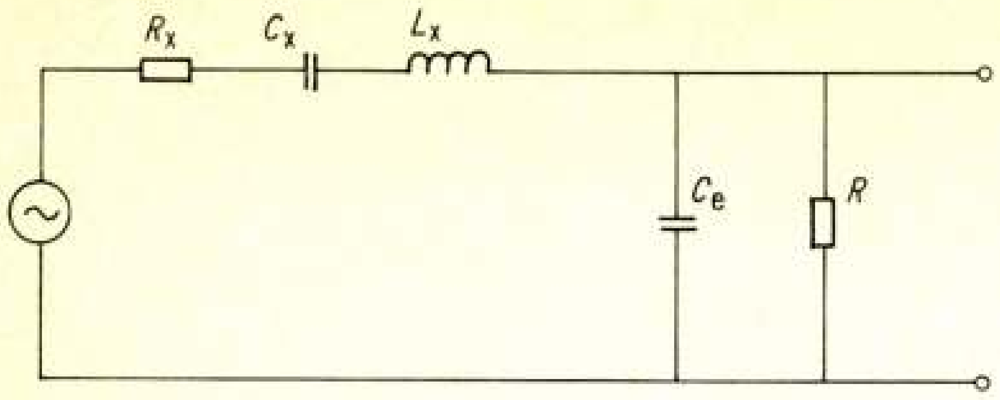


Fig. 9. Vervangingsschema van een piëzo-elektrische hydrofoon.

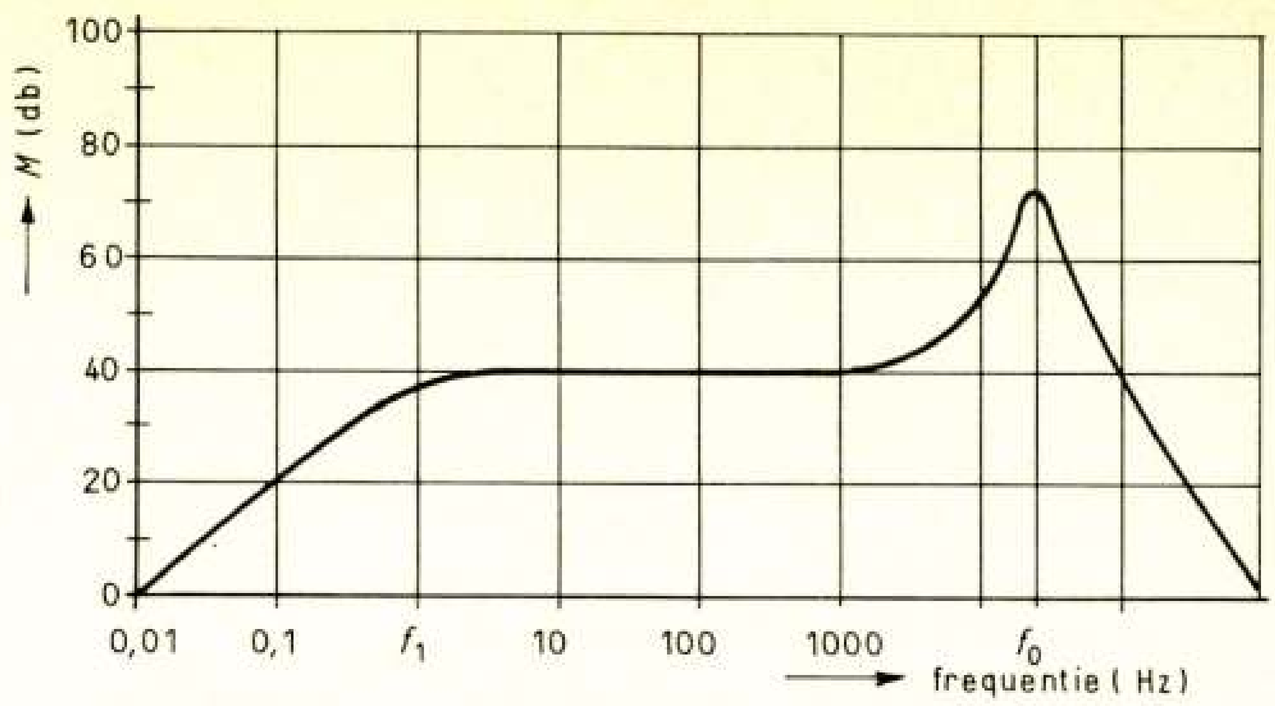


Fig. 10. Frequentiekarakteristiek van een piëzo-elektrische hydrofoon.

en de wanddikte ongeveer 1/10 hiervan. Door een geschikte keuze van de elektrodeconfiguratie kunnen impedantie en gevoeligheid zo goed mogelijk op de gewenste waarde worden gebracht.

Beide genoemde transduceruitvoeringen zijn typische 'rondstralers', daar hun afmetingen niet groter zijn dan de golflengte van het geluid in water bij de frequentie waarbij de transducer zijn fundamentele resonantie vertoont. Voor het samenstellen van een aantal van deze transducers tot een groep met een zeker richteffect is dit soort minder geschikt omdat er eigenlijk maar één bevestigingspunt is, of hoogstens twee.

Stralers met richteffect

Een transducer met twee trilplaten, zoals afgebeeld in fig. 6, is voor dit doel beter geschikt. Een piëzo-elektrische cilinder, al of niet hol van binnen en zodanig van elektroden voorzien dat de deformatie vnl. in de asrichting plaatsvindt, wordt door middel van twee conisch verlopende trilplaten gekoppeld aan het water. Met rubber O-ringen kan de transducer verend in een wand worden bevestigd.

De verhouding van het stralende oppervlak van de trilplaten tot de doorsnede van het keramische element vormt de bepalende factor voor de grootte van Q_x. De resonantiefrequentie wordt bepaald door de afmetingen van het keramische element en door het materiaal en de afmetingen van de trilplaten.

Ten einde de afmetingen van de transducer binnen redelijke grenzen te houden moet het frequentiegebied van dit soort transducers beperkt blijven tot de frequenties tussen 5 en 100 kHz. Dit geldt ook voor de bol- en cilindertransducers.

Hetzelfde principe is ook uitvoerbaar in asymmetrische vorm, waarbij één trilplaat wordt verzwaard en deel gaat uitmaken van de transducercapsule (fig. 7). Op deze wijze ontstaat een *éénzijdig stralende* transducer. Ook dit type transducer is bedoeld om deel uit te maken van een groep, waarvan alle elementen in dezelfde wand gemonteerd worden ten einde een gerichte geluidsbundel te kunnen vormen.

'Bimorphs' en 'multimorphs'

Een aparte klasse van transducers wordt gevormd door de zgn. *bimorphs* resp. *multimorphs*, waarvan enkele uitvoeringen in fig. 8 zijn weergegeven. Er treedt een buigingstrilling op in twee op elkaar gelijmde piëzo-elektrische schijven die in tegengestelde richting in trilling worden gebracht. De verhouding van de dikte tot de diameter van de schijf bepaalt de factor Q_x; de resonantiefrequentie wordt bepaald door dezelfde verhouding en door de diameter.

Bij dimensionering voor optimale Q_x blijkt de diameter bij resonantie slechts een fractie van de golflengte te zijn. Deze transducers zijn dus meer geschikt voor lagere frequenties van 1 ... 10 kHz.

De éénzijdige uitvoering is bedoeld voor gerichte straling, de tweezijdig gevoelige uitvoering met één bimorph werkt als een gradiënt-transducer, terwijl de tweezijdige met twee bimorphs als bolstraler werkt.

Omkeerbaarheid

Tot slot een enkel woord over het reversibele aspect van deze transducers. De hier beschreven transducers zijn alle *ook* als geluidsontvanger bruikbaar, dus als onderwatermicrofoon of hydrofoon. Op grond van reciprociteitsbeschouwingen kan worden aangetoond dat een transducer die als geluid-zender optimaal gedimensioneerd is, ook als ontvanger optimaal zal werken.

Hoewel het rendement van een hydrofoon in eerste instantie niet relevant genoemd kan worden, blijkt uit thermodynamische beschouwingen dat de signaal-ruisverhouding van een hydrofoon toeneemt met het rendement. De werking van een hydrofoon is dus optimaal bij de frequentie van resonantie. Echter, een capacitieve hydrofoon vertoont bij frequenties lager dan de resonantiefrequentie een gebied waar de gevoeligheid onafhankelijk van de frequentie blijkt te zijn. Dit kan worden aangetoond aan de hand van het vervangingsschema volgens fig. 9.

Het gebied van constante gevoeligheid treedt aan de dag wanneer de uitgangsspanning van de hydrofoon bepaald wordt door de capacitieve spanningsdeling over C_x en C_e. De gevoeligheid M is als functie van de frequentie weergegeven in fig. 10. In het gebied van constante gevoeligheid neemt de impedantie van de hydrofoon toe met afnemende frequentie. Hierbij wordt er van uitgegaan, dat de hydrofoon belast wordt met een zeer hoge weerstand. Bij de frequentie waar de impedantie van de hydrofooncapaciteit $C_e + C_x$ gelijk wordt aan de equivalente belastingsweerstand R, eindigt het gebied van constante gevoeligheid.

Korte technische berichten

10e Europese Telecommunicatiedagen

De Federatie van Telecommunicatie Ingenieurs in de Europese Gemeenschap (F.I.T.C.E.) hield van 20 tot 25 september jl. haar jaarlijkse congres te Amsterdam. Nederland was het ontvangende land bij dit evenement, dat zijn tweede lustrum beleefde. Een belangrijk onderdeel van het programma vormden de technische lezingen, gewijd aan brede-band-transmissie voor de toekomst. Achtereenvolgens werden behandeld brede-band coaxiale transmissiesystemen, de ronde golfpijp, communicatie langs geleiders met behulp van lasers, straalverbindingssystemen voor grote capaciteit en satelliet-communicatiesystemen.

De volgende voordrachten werden gehouden:
Recente hoogtepunten op het gebied van brede-band-transmissie over coaxiale kabels, door ir. H. L. Bakker (N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie).

De coaxiale kabel als transmissiesysteem voor een bandbreedte van 60 MHz en later van 200 MHz, wordt gezien als een betrouwbaar middel voor F.D.M. (Frequency Division Multiplex) met zeer grote capaciteit, dat voor de komende 20 à 30 jaar zijn diensten zal bewijzen.

Die Breitbandübertragungstechnik auf Koaxialkabeln, door Dipl.-Ing. H. Kopp (Siemens AG, München).

Na een overzicht van de brede-band-transmissiesystemen over coaxiale kabels, die door Siemens worden geleverd, wordt er op gewezen, dat men aan de behoefte aan frequenties kan voldoen, door een aantal coaxiale pijpen voor een bepaald traject te bundelen. In de toekomst zal men waarschijnlijk even goed op dergelijke breedbandsystemen digitale technieken kunnen toepassen.

Le guide d'ondes, door B. Da (C.N.E.T., Lannion).

Sinds 1960 heeft men in Frankrijk experimenteel onderzoek verricht aan de ronde golfpijp, die voor de mode TE_{01} (of H_{01}) een geringe demping oplevert. In Frankrijk is uiteindelijk de keus gevallen op een ronde pijp, gevormd door een spiraal van geïsoleerde koperdraad, van buiten beschermd door een stalen mantel of een mantel van glasfiberbanden in epoxyde. Onder andere werden dempingen gemeten van 3 dB/km bij 35 GHz. Men heeft voor deze golfgeleider een diameter van 50 mm gekozen.

Stand der Entwicklung der Hohlkabeltechnik bei der Deutschen Bundespost, door Dipl.-Ing. Richter (F.T.Z., Darmstadt).

In een drie kilometer lang proeftraject worden bij het F.T.Z. metingen verricht aan drie uitvoeringswijzen van de ronde golfpijp. Twee ervan bezitten een mantel van aluminium, aan de binnenzijde bekleed met een diëlektrische laag.

In de eerste golfpijp zijn om de dertig meter foliefilters aangebracht, in de tweede bevindt zich na elke 18 m een schroeflijn filter. In de derde uitvoering bestaat de ronde golfpijp uit een schroeflijn van koperdraad in een stalen mantel. De binnendiameter is 70 mm, wat wel een bandbreedteverlies geeft ten opzichte van een doorsnede van 50 mm, doch door de geringere demping grotere afstand tussen de versterkers mogelijk maakt. Bovendien is de mechanische stabiliteit van de gelegde golfpijp bij deze diameter beter.

Télécommunications sur faisceaux lumineux, door J. Le Mezec (C.N.E.T., Issy les Moulineaux).

De halfgeleider-laser (lichte laser) is relatief goedkoop, daar deze geen mechanisch instelbare optische delen bezit. Door RCA wordt een laser geproduceerd, die bij een herhaalfrequentie van 5 kHz impulsen van 0,2 μs afgeeft. Het lijkt mogelijk, in de toekomst over lasers te kunnen beschikken met een herhaaltijd opgevoerd tot 1 MHz bij een impulsduur van 10 ns (tijdvulfactor 1 %). Voor de transmissie worden multimode glasfibers gebruikt. Monomode glasfibers zijn moeilijker te maken, doch bezitten een groter doorlaatbandbreedte.

De zware lasers hebben een onderhouden emissie. De hiervoor ontwikkelde modulatietechnieken maken het mogelijk, om een impulsherhalingsfrequentie van 250 MHz te bereiken.

Lichtfaser-Nachrichtenübertragungssysteme, door dr. M. Börner (Telefunken, Backnang).

Als een voor de toekomst veelbelovend transmissiesysteem wordt een systeem gezien met een halfgeleider-laser, waarvan de lichtimpulsen door een monomode glasfiberdraad worden gevoerd. Aan de ontvangzijde wordt een avalanche-fotodiode door de lichtimpulsen aangestraald. Als laser is bij Telefunken voor dit systeem een GaAs-diode ontwikkeld, die door het toepassen van een injectiestroom met een eenvoudige halfgeleiderschakeling tot in het GHz-bereik gemoduleerd kan worden. De monomode glasfiber ter dikte van 50 ... 100 μm geeft voor de HE_{11}-mode de geringste demping. Toch is de demping dan nog steeds boven 100 dB/km. In een laboratoriumuitvoering heeft men echter een demping van 20 dB/km kunnen bereiken. Bij glasfibers kan men nog kromtestralen van slechts enkele centimeters toelaten. Zeer grote bandbreedten zijn denkbaar in schakelingen, waar een aantal lichtgeleidersystemen parallel benut worden. Voor een dergelijk fasestar systeem over parallelle kanalen zullen looptijdcorrecties per fiber nodig zijn.

Nouveaux systèmes de faisceaux herziens à grande capacité entièrement transistorisés, door P. G. Debois (B.T.M.C., Antwerpen).

Twee straalverbindingssystemen worden besproken, die bij 7 GHz een hoog rendement behalen, dank zij het door een fasebijregeling vergrendelen van een vrijlopende oscillator van zeer hoge frequentie op een middenfrequent signaal van 70 MHz, dat de basisbandmodulatie bevat. Het eerste systeem volgens deze opzet met een capaciteit van 300 telefoonkanalen is reeds een jaar in produktie; het tweede systeem dat is opgezet voor een capaciteit van 600 ... 1260 telefoonkanalen, resp. één televisiesignaal en vier muziekkanalen, zal binnenkort in produktie worden genomen. Het eerste systeem heeft voor de zender een uitgangsvermogen van 150 mW, de zender van het tweede systeem zal een uitgangsvermogen van 2 W kunnen bereiken. Nog bredere systemen zijn volgens deze opzet mogelijk.

Lo stato della ricerca in Italia nel dominio della propagazione libera e guidata delle onde millimetriche, door A. Chinni (Ministerie P en T, I.S.P.T.).

Een overzicht wordt gegeven van drie studies, die in Italië in het officiële wetenschapsbeleid voor de komende jaren zijn opgenomen: de programma's SIRIO, FUB-ISPT en MARCONI. Alle drie programma's hebben betrekking op de transmissie van frequenties boven 10 GHz. In het SIRIO-project zal de propagatie door de atmosfeer onder schuine invalshoeken worden onderzocht. Men denkt de SIRIO-satelliet in 1973 te kunnen lanceren; frequenties bij 12 en 18 GHz zullen worden onderzocht.

In het project FUB-ISPT zal de troposferische propagatie voor straalverbindingen worden onderzocht tussen 12 en 35 GHz, waarbij de meteorologische invloeden zullen worden bestudeerd.

In het project MARCONI is de propagatie van geleide golven aan de orde, in het bijzonder de mode TE_{01}. Golfpijptrajecten van 10 m ... 3 km zullen worden bestudeerd, ook voor frequenties aanzienlijk boven 30 GHz.

In deze drie projecten werken officiële instanties met de universiteiten en de industrie samen.

Satellietcommunicatie met schepen, door A. da Silva Curiel (Dr. Neher-Laboratorium, Leidschendam).

Met de groeiende verkeersdichtheid op de belangrijkste scheepvaartroutes op de wereldzeeën ontstaat behoefte aan betere communicatie- en navigatiesystemen. In 1980 zal er, naar men schat, een verkeersintensiteit van 4 berichten per varend schip zijn. Bespiegelingen over bereikbare antennewinst, systeemruistemperatuur en fadingmarge op zee leveren op, dat voor smalle-band FM een frequentie nabij 300 MHz optimaal moet worden geacht voor scheepscommunicatie via satellieten. Een systeem van bijv. 5 spraakkanalen en circa 100 telexkanalen per oceaan zou met betrekkelijk geringe kosten kunnen worden verwezenlijkt.

Rumore impulsivo nella trasmissione dei dati via satellite, door Ing. A. Arciprete (Telespazio).

De impulsruis bij data-overdracht via satellieten wordt voornamelijk veroorzaakt door het schakelen in de centrales der nationale telefoonnetten. In het satelliettransmissiesysteem ontstaat een extra ruisbijdrage in de MF-filters van de ontvanger, door het inslingeren van deze filters op de zijbanden van aangrenzende kanalen. Een tweede extra ruisbijdrage ontstaat in de demodulator, wanneer deze in de buurt van de detectiedrempel moet werken.

Een werkgroep van COMSAT heeft de MF-ruisbijdrage onderzocht en de relatie vastgesteld tussen enerzijds de sterkteverhouding van gewenste en ongewenste draaggolf en anderzijds de stoordeviatie van de ongewenste draaggolf. Ook worden de resultaten vermeld die men vond bij het bepalen van de intensiteiten van impulsruis en weerstandsruis, die bij datatransmissie een zelfde foutenkans opleveren.

Zeitmultiplex Systeme für den Vielfachzugriff zu Fernmeldesatelliten, door Dipl.-Ing. E. Herter (S.E.L., AG).

Het beleggen van een kanaal in een communicatiesatelliet in het Frequency Division Multiple Access (FDMA) systeem geeft een grote kans voor het optreden van intermodulatieprodukten. Daarom wil men in het INTELSAT-systeem in de tweede helft van het pas begonnen decennium digitale technieken invoeren, met de mogelijkheid van het verwezenlijken van Time Division Multiple Access (TDMA). Een communicatienet via satellieten is als een mazennet georganiseerd, terwijl een aards net veelal als stervormig net is uitgevoerd. Om onafhankelijk een kanaal te kunnen beleggen (Multiple Access), moet men de plaats in het samengestelde satellietsignaal weten, waarin het eigen station mag zenden. Ook moet een adres met het signaal worden meegezonden. Besproken worden de kenmerken van het 'PCM-PSK-TDMA'-systeem, waarbij het signaal op een middenfrequentie van 70 MHz wordt gemoduleerd, en bij 6 GHz naar de satelliettransponder wordt gezonden. De transponder zendt het signaal naar aarde terug op een frequentie bij 4 GHz. Door de Verenigde Staten en Japan zijn met TDMA-systemen van 50 Mbit/s proeven gedaan, het Duitse systeem is voor 100 Mbit/s ontworpen.

Flessibilità ed efficienza di utilizzazione dei satelliti per telecomunicazioni con sistemi di assegnazione a domanda codificati e possibilità di integrazione con sistemi PCM terrestri, door Ing. A. Pecchinotti (Telespazio).

De INTELSAT-systemen SPADE*) en TDMA met pulscodemodulatie worden wat betreft hun efficiency en hun operationele voordelen vergeleken. In de TDMA-systemen kunnen driemaal zoveel kanalen aan de transponder worden aangeboden als in de SPADE-systemen. Bij kanalen op aanvraag kunnen de satelliettransponders een veel groter verkeerscapaciteit opnemen dan bij vast toegewezen kanalen.

Ten gevolge van beweging van de satelliet om zijn stationaire plaats treden dopplerverschuivingen op. Daardoor kunnen de aardse PCM-systemen uit de pas gaan lopen met de satellietkanalen. Men zal er de voorkeur aan geven enige slip te accepteren, in plaats van 'stuffing' toe te passen.

*) Een acronym voor: (S)ingle channel per carrier, (P)ulse code modulation, multiple (A)ccess, (D)emand assignment (E)quipment.

Uitbreiding telecommunicatiemogelijkheden van de Nederlandse Antillen

De Nederlandse Antillen zullen via een onderzeese telefoonkabel in de naaste toekomst met de Maagdeneilanden worden verbonden, waardoor ze vanuit St. Thomas aansluiting krijgen op het telecommunicatienet van Puerto Rico en het vasteland van de Verenigde Staten. Dit nieuwe project, waarmee een bedrag van 7,8 miljoen dollar is gemoeid, werd onlangs zowel door de Antilliaanse minister voor het telecommunicatiewezen, de heer L. A. Chance, als door de International Telephone en Telegraph Corporation (ITT) bekend gemaakt.

De aan te leggen onderzeekabel wordt onderscheiden in een 'internationaal' en in een 'Antilliaans' gedeelte. Het internationale traject begint bij een reeds bestaand kabelstation bij Magens Bay op St. Thomas en loopt naar St. Maarten, alwaar het Antilliaans traject begint met als einddoel Curaçao. Zowel de coaxiale kabel als de eindapparatuur te land, zullen geleverd en geïnstalleerd worden door de tot de Britse ITT behorende Standard Telephones and Cables. De onderwaterversterkers en de apparatuur die te land dienst zal doen, zijn geheel getransistoriseerd. Voor de stroomvoorzieningsapparatuur wordt een nieuwe, zeer compacte uitvoering toegepast.

In de microgolf straalzenderverbinding tussen St. Thomas en het satellietcommunicatie grondstation Cayey op Puerto Rico zullen gebruiksrechten (zgn. Indefeasable Rights of User – IRU's) worden verworven, waardoor een directe verbinding tussen de Nederlandse Antillen en het omringende gebied wordt gerealiseerd.

*

Nederlandse Standard Electric Mij N.V.

LEDENLIJST NEDERLANDS ELEKTRONICA– EN RADIOGENOOTSCHAP

1 januari 1971

(De leden, waarvan de namen voorafgegaan worden door een*, zijn tevens lid van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.)

ERE–LEDEN

1941	Ir. P.H. Boukema	Timorstraat 21, Delft.
*1920	Prof. Ir. L.H.M. Huydts	Marathonstraat 6, Bergen op Zoom.
*1928	Prof. Ir. Dr. J.L. van Soest	v. Soutelandelaan 35, Den Haag.
*1927	Prof. Dr. Ir. B.D.H. Tellegen	Geulberg 1, Nuenen (N.B.).
*1927	Ir. J.J. Vormer	Park de Werve 28, Voorburg (Z.H.).
1927	Ir. Th.J. Weijers	Heezerweg 218, Eindhoven.

DONATEURS

Becker Delft N.V., Delft.
Kon. Ned. Meteorologisch Instituut, de Bilt.
Ned. Kabelfabriek N.V., Delft.
Ned. Omroep Stichting, Afd. Radio, Hilversum.
Ned. Siemens Mij., 's-Gravenhage.
Ned. Standard Electric Mij N.V., 's-Gravenhage.
Ned. Omroep Stichting, Afd. Televisie, Hilversum.
N.V. Electriciteits Maatschappij AEG, Amsterdam.
N.V. I.B.M.- Nederland, Amsterdam.
N.V. KEMA, Arnhem.
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.
N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, v/h N.S.F., Hilversum.
N.V. Van der Heem, 's-Gravenhage.
Physisch Laboratorium RVO–TNO, 's-Gravenhage.
Radio Becker N.V., Zeist.
Radio-Holland N.V., Amsterdam.
Staatsbedrijf der P.T.T., 's-Gravenhage.
Tektronix Holland N.V., Heerenveen.
Wetenschappelijk Radiofonds Veder.

LEDEN

*1957	Ir. J.A. Aarsen	Aaltje Noordewierlaan 12, Bussum.
1968	Ir. J.P.A. Aarts	Raadhuislaan 54, Eemnes.
*1950	Ir. H.H. van Abbe	van der Doeslaan 1, Wassenaar.
1957	J. Aerts	Groot Hertoginnelaan 39, Bussum.
*1963	Ir. D.A. Alberts	Da Costalaan 4, Rijswijk (Z.H.).
*1929	Prof. Ir. J.W. Alexander	St. Eustatiusstraat 11, Delft.
1961	Ir. H. Allaries	Burg. van Oerslaan 10, Oosterhout (N.B.).
*1970	Ir. E.P.W. Attema	Willem de Zwijgerlaan 40, Haarlem.
*1967	Ir. A.E. Ang	Huis te Landelaan 59, Rijswijk (Z.H.).
1948	A. Auping	Dommerholtsweg 11A, Joppe.
*1954	Ir. J. van Baarda	Javalaan 16, Hilversum.
1971	Ir. E. Backer	Van Adrichemstraat 95, Delft.
*1946	Prof. Dr. Ir. W.Th. Bähler	Prins Bernhardlaan 32, Doorn.
*1969	Ir. A. Bakker	Jan Steenlaan 18, Oegstgeest.
1958	Ir. C. Bakker	Zwaluwlaan 17, Leidschendam.
*1961	Ir. J.C. Balder	Soerenseweg 111, Apeldoorn.
1951	Ir. E.J. van Barneveld	Lankforst 24–13, Nijmegen.
*1958	Ir. M.L. Bazen	p/a I.B.M., Octrooibureau, Postbus 24, Uithoorn.
*1938	Ir. M. van de Beek	Joh. Geradtsweg 162, Hilversum.
*1970	Ir. D. Beekman	Vlietstraat 37, Klaaswaal.
*1965	Prof. Ir. D.H. Bekkering	p/a Medisch Fysisch Instituut TNO, Da Costakade 45, Utrecht.
1954	Ir. H.G. Beljers	Lissevoort 25, Nuenen (N.B.).
1956	C.J. Benjamin	Welgelegenlaan 53, Driebergen.
*1961	Ir. Th.Q. Bennebroek	Schoutenstraat 8, Leiderdorp.
1950	Ir. H.C. Bennebroek Evertsz'	Lindenheuvel 10, Hilversum.
*1951	Ir. C.J.H. van den Berg	Piet Heinlaan 9, Oegstgeest.
*1943	Ir. D. van den Berg	Fazantplein 14, Den Haag.
*1964	Ir. P.K.J. van den Berg	Statenlaan 2, Bodegraven.
1956	W.G.J. van den Bergh	van Nijenrodestraat 64, Den Haag.
1969	Ir. L.J.G. Berière	Lobeliapad 3, Eindhoven.
1954	Ir. P.L.M. van Berkel	Den Burghstraat 24, Voorburg (Z.H.).
*1960	Ir. H.J. van Bethlehem	Flatgebouw "Ceintuurbaan 1", Lijsterlaan 297, Bussum.
1943	Ir. W. Beukema	Petrus Dondersstraat 87, Eindhoven.
1957	M. van Beveren	Fazantlaan 9, Leidschendam.
*1967	Ir. L.W.R. Biekart	Spotvogellaan 36, Den Haag.
1967	J.J. Bliek	Prinses Irenelaan 13, IJsselstein (Ut.).
*1925	Ir. J. Bloemsma	Mient 499, Den Haag.
1938	Ir. L. Blok	Vincent Cleerdinlaan 30, Waalre (N.B.).
*1962	Ir. R. Blommendaal	Beeklaan 208, Noordwijk.
*1971	Ir. D.E. Boekee	Sasboutstraat 130, Delft.
1965	Ir. L. de Boer	P. van Houtstraat 38, Duiven.
*1960	Ir. A. Boesveld	Händellaan 61, Voorschoten.
1955	Ir. J.V. Bolier	Felualaan 12, Apeldoorn.
1950	Dr. Ir. A.P. Bolle	Schuilinglaan 11, Voorschoten.
1968	F.K. Boomsma	Joh. Geradtsweg 94, Hilversum.
1959	Ir. J.H. van den Boorn	Agrippastraat 13, Eindhoven.
*1966	Ir. G.J.M. Boorsma	Sparrenlaan 5, Hollandsche Rading.

*1926	H.B.R. Boosman	Prinses Beatrixstraat 19, Bunnik (Ut.).
*1946	Prof. Dr. Ir. J.L. Bordewijk	Kasteelhof 5, Leiden.
1955	A.S. van den Bosch	Roland Holstlaan 915, Delft.
*1963	Dr. Ir. H. Bosma	Neerlandstraat 15, Geldrop.
*1958	Ir. R.I.G. Bosselaers	Rijsbergenweg 54, Huizen (N.H.).
*1941	Ir. J.A.J. Bouman	"Eeckenrhode" flat A 26, Aalst–Waalre.
*1941	Ir. L.R. Bourgonjon	Javalaan 32, Hilversum.
*1947	Prof. Ir. IJ. Boxma	Osylaan 19, Zoetermeer.
1957	Ir. J.A. Brakel	Van Kinsbergenlaan 50, Hilversum.
*1941	Prof. Ir. M.P. Breedveld	Langenkampweg 115, Enschede.
1963	Ir. D. Breeuwsma	Irislaan 18, Leende (N.B.).
*1961	Ir. H. Breimer	Beneden Beekloop 58, Geldrop.
1947	S. Breimer	Woensbergweg 3, Huizen (N.H.) (post Blaricum).
1949	J.H.M. den Bremer	Fl. Nightingalelaan 16, Delft.
1947	Prof. Dr. H. Bremmer	Laan van Rijnwijk 1, flat D12, Zeist.
1965	Ir. Th. W. Brink	Zaanstraat 70, Leiden.
*1965	Ir. A. van Brink	Berkenlaan 5, Son (N.B.).
1951	Ir. C.B. Broersma	Ruimzicht 39 (Torenwijck), Amsterdam–Osdorp.
*1946	Ir. D.C. Broks	Oranjenassaustraat 19, Noordwijk a. Z.
*1953	Ir. J.F. Brouwer	Naarderweg 62, Blaricum.
1969	Ir. J.A.M. de Brouwer	Lijsterbesstraat 14, Nuenen.
1964	Ir. J.F. van der Brugge	Achter de Hoven 2, Dwingeloo.
*1949	Dr. H. Bruining	Papenvoortse Heide 8, Nuenen (N.B.).
*1956	Ir. R.A. Bruininga	Min. Lelylaan 86, Rijswijk (Z.H.).
1946	Ir. H.G. Bruijning	Beneden Beekloop 54, Geldrop.
*1970	Ir. C.A. Bruijnis	Van Adrichemstraat 31, Delft.
1954	H.M.J. Bucx	Stephensonstraat 72, Den Haag.
*1946	Ir. J.C. Buis	Diependaalse Drift 29, Hilversum.
*1958	Prof. Dr. Ir. F.A.W. van den Burg	Charl. de Bourbonstraat 6, Delft.
1967	Prof. Dr. Ing. H.J. Butterweck	Akert 148, Geldrop.
1958	P.K. Buys	Alpenlaan 2, Son (N.B.).
1954	Ir. J.A. Bijvoet	Johan Evertsenlaan 15, Oegstgeest.
*1952	Ir. A.E.M. Calon	van Dormaalstraat 8, Eindhoven.
*1958	Ir. E.E. Carpentier	Adrianalaan 264, Rotterdam.
*1946	Ir. J.F. Carrière	de Lammert 6, Geldrop.
*1967	Ir. M.J. Ceuleers	Wooldstraat 18, Winterswijk.
1969	B.H. Claasen	Corn. van Zantenstraat 226, Den Haag.
*1967	Ir. J.W. Coenders	Ganzetongstraat 4, Valkenswaard.
1954	C. Le Comte	Naarderstraat 240, Huizen (N.H.).
1953	J.G. Coster	Lohengrinstraat 38, Den Haag.
1955	W. Costerus	Johan van Vlietstraat 84, Haarlem.
*1966	Ir. F.J. Daalmans	Nieuweweg 36, Hoogerheide (Gem. Woensdrecht).
*1948	Ir. W.J.L. Dalmijn	Utrechtseweg 304B, Arnhem.
1965	Ir. G. van Dasler	Gemeenlandslaan 23, Huizen (N.H.).
*1954	Prof. Dr. Ir. J. Davidse	Cipreslaan 26, Rotterdam–12.
1971	Ir. W.H.M. Deckers	Colijnstraat 23, Son (N.B.).
1959	R. Decossaux	Tuindorpweg 7, Maarn.
1969	Ir. M. van Deelen	Voorschoterlaan 51, Rotterdam.
*1965	Ir. G.B. Deelman	Roland Holstlaan 708, Delft.

1947	Ir. P.A. van Deinse	Admiraal van Gentstraat 9, Utrecht.
*1956	Ir. L.F. Dert	Van Lenneplaan 1, Hilversum.
*1971	Ir. M.A. Deurwaarder	Papsouwselaan 300, Delft.
*1953	Ir. J.C. Diels	Nassaulaan 1, Den Haag.
*1947	Ir. W.F. Dil	Argonautenlaan 24, Eindhoven.
*1964	Ir. A.J.M. Dingjan	Simon Stevinweg 126, Hilversum.
1958	Ir. J.C. Dito	Pr. Mariannelaan 64, Voorburg (Z.H.).
1970	Ir. A.A. Dogterom	Nieuwlandseweg 8, Hilversum.
1949	G.J.C. Donk Jr.	Oude Amersfoortseweg 18, Hilversum.
1950	Ir. A.G. van Doorn	Isidorusweg 17, Eindhoven.
1953	F. Doornbos, Ing.	Radioweg 21, Apeldoorn.
*1956	Ir. J.I. Dorgelo	Van Bergenlaan 10, Wassenaar.
*1946	Ir. C. Dorsman	Willem Klooslaan 79, Eindhoven.
1954	H. Dost	Hoogstedelaan 46, Arnhem.
1950	Tj. Douma	B116, Ezumazijl onder Anjum (Fr.).
*1960	Ir. J.M. Douwes Dekker	Van Hogenhoucklaan 134, Den Haag.
1957	Ir. L.G. Drenthen	Bilderdijklaan 1, Uithoorn.
1952	Ir. H. Drost	Jongkindstraat 18, Eindhoven.
*1950	Prof. Dr. Ir. S. Duinker	Mollaan 1, Bloemendaal.
*1952	Ir. C. Dullemond	Joh. de Kortstraat 3, Eersel (N.B.).
*1939	Dr. Ir. H.C.A. van Duuren	St. v. 's-Gravesandeweg 83, Wassenaar.
1952.	Prof. Dr. Ir. A.J.W. Duijvestijn	Soerenseweg 113, Apeldoorn.
1964	Ir. J. Dijk	Parcivalstraat 26, Eindhoven.
1964	Ir. J.H. Dijk	Bezaan 56, Huizen (N.H.).
*1940	Prof. Ir. B. van Dijl	Joh. de Wittlaan 18, Eindhoven.
1951	B.J. Eckhardt	Lopik-radio, post IJsselstein.
1948	Ir. J.W. Edens	Willibrorduslaan 95, Waalre (N.B.).
1957	J.E. Eeckelaert	Pieter Postlaan 36, Hilversum.
*1967	Ir. L.D.J. Eggermont	Schutterlaan 64, Eindhoven.
*1963	Ir. A. van Egmond	van Boetzelaerlaan 3, Wassenaar.
1969	Ir. W.G. Ekas	Borneolaan 47, Hilversum.
*1963	Ir. C.J. van Elk	Zevenenderdrift 69, Laren (N.H.).
1962	Ir. H.W. Elsborg	Sweelinckhof 66, Waddinxveen.
1971	Ir. F.P. van Enk	Lange Nieuwstraat 23B. Schiedam.
*1942	Ir. M.C. Ennen	Dennenlaan 17, Apeldoorn.
*1954	L. Ensing, Ing.	Prins Hendriklaan 13, Rijswijk (Z.H.).
1964	Ir. J.W. Ero	Piuslaan 126, Eindhoven.
*1951	Dipl. Ing. W. van Essen	Ottoburgstraat 64, Rijswijk (Z.H.).
1965	Ir. L.J.M. Esser	Valkenierstraat 193, Valkenswaard.
1952	J.A.G. van Everdingen	Laan van N. Oosteinde 105, Voorburg (Z.H.).
*1967	Ir. B. de Ferrante	Naarderweg 39, Blaricum.
1951	Ltz. I.E. Ferwerda	Grundelweg 2A, Hengelo.
*1964	Ir. G.C.N. Frankenmolen	Theseusweg 14, Eindhoven.
1952	M. Fransen	Dr. Schaepmanlaan 14, Heemstede.
*1952	Ir. C. Franx	Herman Heijermanslaan 22, Eindhoven.
*1923	Ir. F. de Fremery	Rossinilaan 40, Hilversum.
*1946	H. de Fremery	Van Swietenlaan 12, Eindhoven.
*1959	Ir. H. Furstner	Hoflaan 11, Hilversum.
*1968	Ir. S.J. Gaastra	Stationsweg 18, Grouw (Fr.).

*1960	Ir. J.H. Geels	Deken Batenburgstraat 18, Dongen (N.B.).
1949	P.J.M. Geenen	Sneeuwbalstraat 91, Den Haag.
1968	Ir. P.C. van der Geest	Rembrandt van Rijnlaan 6, Oegstgeest.
1951	W.H. van Gelder	Hoog Flat 111 II, van Leeuwenhoekstraat 5, Haarlem.
1952	Ir. J.H. van Gelderen	Ceintuurbaan 17, Hilversum.
*1968	Ir. J.A.W. Gelens	Kievitstraat 40, Boskoop.
*1946	Prof. Dr. Ir. J.J. Geluk	G. Metsulaan 28, Hilversum.
1959	Ir. H.G. Gerlach	Willem Frisostraat 21, Aalst (N.B.).
1962	Ir. J.C.A. van Gessel	v. Beeckstraat 17, Zoetermeer.
1941	Jhr. Dr. Ir. M. Gevers	Koekoeklaan 21, Eindhoven
1958	Ir. J.P,M. Gieles	Pasteurlaan 75, Eindhoven.
*1957	Ir. J.N.A.M. van Gils	van Boechoutlaan 24, Odijk.
1963	Ir. H.J. Gits	van Hogendorplaan 4, Eindhoven.
*1957	Kapt. tz (E) E.V. Glaser	Karel Doormanlaan 24, Voorschoten.
*1946	Ir. D. Goedhart	Diependaalse Drift 40, Hilversum.
*1951	Ir. E. Goldbohm	Dahlialaan 42, Aerdenhout.
1966	Ir. E. Goldstern	Lijsterbeslaan 12, Hilversum.
1970	Ir. H.G.H. Gooren	Maasstraat 43, Arcen.
*1969	Ir. J. Götz	Cornelis Jolstraat 6, Den Haag.
1963	Ir. H.C. de Graaff	Luxemburglaan 31, Eindhoven.
1968	J.C. de Granje	de Mildestraat 24, Den Haag.
1940	Ir. S. Gratama	Delflandstraat 85, Nootdorp.
1954	J.A. Greefkes	Poortakker 1, Knegsel (gem. Vessem N.B.).
1967	H.A.A. Grimbergen	Vondellaan 13, Leiden.
*1958	Prof. Dr. Ir. P.M.E.M. v.d. Grinten	Beatrixlaan 17, Geleen.
*1967	Ir. F.H. Groen	Zwaardvispad 8, Eindhoven.
1955	Prof. Dr. H. Groendijk	Vesaliuslaan 9, Eindhoven.
*1952	Ir. H.W.F. van 't Groenewout	Rotterdamse Rijweg 39, Overschie.
1971	Ir. P. Groenveld	Pisanostraat 444, Eindhoven
*1951	Prof. Ir. E.W. Gröneveld	Mozartlaan 1, Enschede.
*1952	Ir. J.A. Grosjean	Kretschmar van Veenlaan 74, Hilversum.
1943	Ir. F.H. Gusdorf	Jacob Reviuslaan 13, Eindhoven.
*1943	Ir. M.G.A. Haalebos	de Sitterlaan 61, Leiden.
1966	Ir. H.W. de Haan	Colenso 86, Soest.
1941	Dr. J. Haantjes	Elzentlaan 7, Eindhoven.
1948	Ir. A. de Haas	Hasebroeklaan 45, Bilthoven.
1957	A.F.A. Hagendoorn, Ing.	Cederlaan 6, Nuenen (N.B.).
*1964	Ir. P.J.C. Hamelberg	Norenburg 165, Den Haag.
*1961	Ir. Ph. Hanhart	Estrikweg 1, Huizen (N.H.).
1949	Ir. B.J. van Hardenberg	Irisstraat 32, Bussum.
*1963	Ir. C.H. ter Hark	Sonatestraat 18, Apeldoorn.
1958	Dr. Ir. P.A.H. Hart	Asterlaan 4, Aalst (N.B.).
*1949	Ir. C.G. Hartland	Park Vronestein 43, Voorburg (Z.H.).
1963	Ir. G.H. Heebels	Schubertplantsoen 18, Voorschoten.
*1934	Ir. H.H. Heeroma	Storm van 's-Gravesandeweg 39, Wassenaar.
1957	W.P. Heespelink	Statenlaan 131, Den Haag.
*1963	Ir. H. Heitink	Harmen Vosweg 55, Laren (N.H.).
1952	Dipl. Ing. J. Hekner	Snelliuslaan 47, Hilversum.
*1952	Ir. S. Hekster	Laan van Alkemade 58, Oegstgeest.

1965	Ir. J.M. Helder	Leopoldlaan 25, Uithoorn.
1947	Ir. S.J. Hellings	Schapendrift 47, Laren (N.H.).
*1965	Ir. J.H. Hendriks	Symon Blaauwboerstraat 40, Den Helder.
1963	W. Hermes	Van Almondelaan 25, Hilversum.
1959	Ir. H. Hermsen	Aaltje Noordewierlaan 2, Bussum.
*1960	Dr. Ir. W. Herstel	Nieuwe Rijn 28, Leiden.
*1964	Ir. C.J. Heuvelman	Zagerstraat 13, Breugel (N.B.).
*1958	Ir. B.A. van Heijningen	Roeltjesweg 14, Hilversum.
*1946	Ir. A. Heystek	Julianalaan 172, Bilthoven.
1958	J. Hindriks, Ing.	Mauvestraat 12, Arnhem.
1969	Ir. H.M. Hoeksema	Hulst 84, Geldrop.
*1952	Ir. J.D. Hoepelman	Stastokdreef 2, Utrecht.
*1946	Ir. P.H.A. Hoffmann	Lohengrinstraat 60, Amstelveen.
1949	Ir. J.M. van Hofweegen	Sint Jansstraat 58, Oerle.
*1960	Dr. Ir. F.W. Hogesteeger.	Nic. Ruyschstraat 6, Rotterdam.
*1952	Ir. F.W. Höld	Paulaland 20, Den Haag.
1965	B.T.J. Holman	A. Paulownadreef 4, Meerveldhoven.
*1970	Ir. H.A.J.M. van Hoof	2e Schuytstraat 210, Den Haag.
*1951	Ir. B.G. Hooghoudt	Prinsenlaan 10, Oegstgeest.
*1950	Prof. Dr. Ir. A.T. de Hoop	Insulindeweg 18, Delft.
1958	P.J. Hooijmans	Spechtlaan 16, Leidschendam.
1966	W. van der Horst	Woestijnenweg 13, Wijthmen, post Zwolle.
*1925	J. Houtsmuller	van Alkemadelaan 634, Den Haag.
1954	Ir. J.C. Huizinga	Lt. Gen. Foulkeslaan 1, Aerdenhout.
1947	J.J.A. Hulshoff, Ing.	Dr. Arienstraat 33, Lent.
1961	N. van Hurck	Thomaslaan 42, Eindhoven.
1951	Ir. F.J. van Hutten	Langevelderweg 38, Noordwijkerhout.
*1941	Ir. P.A.I. Huydts	G. v. Amstelstraat 387, Hilversum.
1940	Ir. H.T. Hylkema	Jagtlustlaan 9, Santpoort–Zuid.
1959	P.W.L. van Iterson	Colijnlaan 7, Huizen (N.H.).
1971	Ir. E.G.F.M. Ivens	Kastanjelaan 99, Mariënvelde.
1954	Ir. F. de Jager	Bertelindislaan 23, Waalre (N.B.).
*1951	Prof. Ir. J.M.L. Janssen	v.d. Dussenweg 4, Delft.
1955	A. de Jong	Spechtlaan 12, Leidschendam.
1960	Ir. C. de Jong	Tollenskade 13, Voorburg (Z.H.).
1971	Ir. L.P. de Jong	Walenburgerweg 44B, Rotterdam.
1958	Ir. G.A. Joosten	Kersbergenlaan 49, Zeist.
1951	Mevr. Ir. H.J. Jorritsma-Bregman	Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
1943	Ir. W.P. Jorritsma	Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
*1971	Ir. C. van Holten	Bergsingel 60B, Rotterdam.
*1959	Dr. Ir. J. Kaashoek	Jongkindstraat 14, Eindhoven.
*1967	Ir. C. Kamminga	Timorstraat 22, Delft.
*1958	Ir. A.J. Kampstra	Gerrit Kasteynweg 16, Den Haag.
1956	Ir. R.A. Kasper	Prinses Beatrixlaan 22, Oegstgeest.
1967	A. Kegel	Boslaan 53, Zevenhuizen (Z.H.).
*1964	Ir. A.J.G. Kempff	Laan van Meerdervoort 762, Den Haag.
1947	F. Kerkhof	Heezerweg 220, Eindhoven.
1954	Kltz. R.H. Kerkhoven	Gruttolaan 15, Leidschendam.
1970	A.C. Killestijn	Glipperweg 34, Heemstede.

1966	Ir. E. Kleihorst	Zeebruggestraat 11, Eindhoven.
1957	Prof. Dr. G. Klein	Fazantenlaan 6, Oostvoorne.
*1957	Ir. G.A. Klein	Loosdrechtseweg 117, Hilversum.
*1946	Ir. D. Kleis	Hastelweg 168, Eindhoven.
1963	A.C. de Klerk	Rembrandtlaan 31, Huizen (N.H.).
1961	P.H.J.A. Kleijnen	St. Odastraat 19, Eindhoven.
*1946	Ir. J.F.H. Klinkhamer	Molenheide 16, Lieshout.
*1965	Ir. C.A.G. Kloeck	Lange Heul 702, Bussum.
*1963	Ir. L.G.P. Kloppenborg	van Santhorststraat 36, Stompwijk.
1963	J.W. Klute	Antilopelaan 5, Eindhoven.
*1943	Ir. P.D. v.d. Knaap	Van Randwijkweg 35, Beek bij Nijmegen.
1966	W.B.S.M. Kneefel	Joh. Molegraafstraat 18, Noordwijk.
*1958	Ir. A. Kok	Zwaluwlaan 15, Leidschendam.
1963	G.S. Kok, Ing.	Saksenhorst 3, Sassenheim.
1954	H. Kok	Aurorastraat 1, Eindhoven.
*1962	Ir. J.C. Kok	van Woudeweg 23, Woubrugge.
*1962	Ir. J.J.M. Koning	Duinlaan 125, Kijkduin–Den Haag.
1962	A. Koppenaal	Laan van Oostenburg 3, Voorburg (Z.H.).
*1960	Ir. L.L. Kossakowski	Pettelaarseweg 549, 's-Hertogenbosch.
*1966	Ir. H. Kraaijenbrink	Karekietstraat 36, Gouda.
1958	Ir. H.J. Kramer	Kastanjelaan 20, Hilversum.
*1970	W.J. Kramer	Goeverneurkade 147, Voorburg (Z.H.).
1966	A.J. de Kremer	Hyacinthstraat 2, Noordwijk.
1955	Ir. L. Krul	Havenkade 2A, Scheveningen.
1966	Ir. A.S.T. Kruijf	Hoofdstraat 9, Valkenburg (Z.H.).
1960	Ir. S. Kukler	Vondellaan 62, Leiden.
1961	Ir. G.R. Kunnen	Willibrorduslaan 13, Valkenswaard.
*1965	Ir. M. Kunst	Gemeenlandslaan 35, Huizen (N.H.).
1968	J.P. Kunz	Kon. Julianalaan 205, Voorburg (Z.H.).
*1952	Ir. H. van Lambalgen	Joh. Geradtsweg 77, Hilversum.
*1928	Dr. Ir. H. de Lange Dzn.	Statensingel 56a, Rotterdam.
*1961	Ir. J.F. Lansu	Joh. Geradtsweg 96, Hilversum.
*1950	Ir. A.J. Leenhouts	Haverkamp 23, Den Haag.
1959	G. Lehmann	3e Eeldepad 52, Den Haag.
*1958	Ir. H. Lels	Thorbeckelaan 593, Den Haag.
1956	A. Lenger	Gooiergracht 155, Laren (N.H.).
*1949	Dipl. Ing. J.H. Lengton	Van Ballegooysingel 32, Rotterdam.
1960	J. Lennings	Halseweg 28, Zelhem.
*1958	Jhr. Ir. J.L. van Lidth de Jeude	Brink 6, Baarn.
1970	Ir. L.P. Ligthart	Menno ter Braaklaan 217, Delft.
*1966	Ir. J.G. de Lint	Steenbokstraat 20, Hengelo (O.).
1957	Drs. H.P.Th. van Lohuizen	Prinses Beatrixlaan 14, Voorburg (Z.H.).
*1971	Prof. Ir. H.L. van Lommel	Segbroeklaan 546, Den Haag.
*1952	Ir. L.J.W. van Loon	Dr. Kuyperlaan 56, Huizen (N.H.).
1958	Drs. B.L. Loopstra	N.V. Electrologica, Postbus 4576, Rijswijk (Z.H.).
1958	Ir. A.L.M. van Looveren	Duivelsbruglaan 44, Breda.
1959	Ir. F.C. van Looy	Orionlaan 125, Hilversum.
1960	Ir. J.Th. van Lottum	't Geluk 17, Geldrop.
1959	G.J. Lubben	Drentelaan 2, Son (N.B.).

*1967	Ir. G.W. Lubking	De Dillenburghsingel 86, Vlaardingen.
*1949	Ir. W. Lulofs	der Kinderenlaan 9, Laren (N.H.).
*1963	Ir. E.J. Maanders	Boschdijk 398, Eindhoven.
1947	Ir. F. Maarleveld	Ocarinalaan 562, Rijswijk (Z.H.).
1967	J.J.M. Maas	Groenedijk 10C, IJsselstein (Ut.).
1965	W. Le Mair	Vincent Cleerdinlaan 12, Aalst (N.B.).
1957	Ir. J. Mak	Goorstraat 6, Eindhoven.
1966	Ir. J. Mandema	Jacob van Ruysdaellaan 15, Oegstgeest.
1954	Ir. M. Martin	Julianastraat 18, Haarlem.
*1963	Ir. H.V.A.M. Maseland	Prof. Sprengerlaan 11, Utrecht.
*1949	Ir. P.H. Max	Toorenveltstraat 12, Oegstgeest.
*1949	Ir. W.D. Meewezen	Groen van Prinstererlaan 35, Huizen (N.H.).
*1965	Ir. H.M.J. Mevissen	Prof. Evertslaan 106a, Delft.
*1946	Ir. J. de Mey	Jonkerlaan 5, Wassenaar.
*1965	Ir. A. Meyer	Bogardeind 145, Geldrop.
1959	Ir. J. Meyer Cluwen	Herman Heyermanslaan 31, Eindhoven.
1971	W. Meijers	Herenweg 24, Noordwijk–Binnen.
1949	Ir. A. Moerman	Irenelaan 15, Zoetermeer.
1951	Ir. F. Möhring	Cremerstraat 43, Voorburg (Z.H.).
1955	J.C. Mol	Amstel 75, Amsterdam.
*1962	Ir. H. Mooijweer	Eversveld 9, Geldrop.
*1961	Ir. R.F.A. Mugie	Hertog Eduardstraat 20, Venlo–W.
*1967	Ir. H. Mulder	Suzannaland 200, Den Haag.
1960	Ir. J. Mulder	Raadhuislaan 36, Eemnes.
1946	Brig. Gen. b.d. J.W.E. Mulder	Hooghei 36, Berlicum (N.B.).
*1940	Prof. Dr. C.E. Mulders	Beukenlaan 8, Nuenen (N.B.).
1957	Prof. Ir. C.A. Muller	Radiosterrenwacht, Dwingeloo.
1970	Ir. F. Muller	Kagertuinen 92, Sassenheim.
*1956	Ir. J.C. de Munck	Julianalaan 125, Delft.
1964	Ir. L.G.M. Muyen	Dercksenstraat 18, Gouda.
1946	Dr. Ir. P.A. Neeteson	Churchillpark 10, Sterksel (N.B.).
*1957	Ir. F.R. Neubauer	Guido Gezellelaan 86, Delft.
*1960	Ir. Th.J. Nieland	Zaadkorrel 11, Eemnes.
1966	K. Nienhuis	Beeklaan 76, Noordwijk–B.
1965	Ir. R.J. Nienhuis	Kapteynlaan 18, Veldhoven.
1962	Ir. L.R. Nieuwkerk	van Beeckstraat 18, Zoetermeer.
*1955	Ir. J. van Nieuwkoop	Robert Kochstraat 110, Apeldoorn.
1953	Ir. W.F. Njio	Prinses Beatrixplantsoen 62, Bussum.
*1958	Ir. J. Noordanus	Bachlaan 6, Huizen (N.H.).
1971	Ir. E.H. Nordholt	Arthur van Schendelplein 163, Delft.
*1954	Ir. S.J. Noteboom	Diependaalselaan 302, Hilversum.
1957	Ir. E.J. Nijenhuis	Damsigtstraat 40, Voorburg (Z.H.).
*1966	Ir. F.F.Th. van Odenhoven	Fontanalaan 5, Eindhoven.
1969	Ir. R.W. Okkes	Irenestraat 22, Leiderdorp.
*1964	Ir. E. Olsen	Helmerslaan 83, Eindhoven.
*1966	Ir. G.P.H. Olthuis	Wijngaardplein 35, Eindhoven.
*1946	Ir. J.M. Olthuis	Fuutlaan 37a, Eindhoven.
*1955	Dr. Ir. L. Ongkiehong	Paedtslaan 19, Wassenaar.
1960	J.L. Ooms	de Genestetlaan 7, Baarn.

1961	J.A.M. van Oosterhout	Julius Röntgenlaan 22, Leidschendam.
1969	Ir. P. Oosterom	Einsteinlaan 29, Pijnacker.
1967	Ir. A.A.J. Otten	Mont-Blanc 24, Amstelveen.
1971	Ir. P.F.A.M. Otten	Th. à Kempislaan 3, Eindhoven.
*1966	Ir. W.B.G.M. Oude Vrielink	Statenlaan 65, Rijen.
1947	A.J.M.W. van Overbeek	Pauwlaan 5, Eindhoven.
1971	J.F.H. Pacanda	Boslaan 83, Veenendaal.
*1943	Ir. A.W.M. Paling	Hilversumseweg 32, Laren (N.H.).
*1951	Dr. Ir. A.E. Pannenborg	Stationsstraat 46, Geldrop.
1970	Dr. Ir. J.B.H. Peek	Dennenlaan 10, Nuenen (N.B.).
*1952	Ir. J.E. Philips	Staringstraat 31, Nijmegen.
*1938	Prof. Ir. J. Piket	Stevinstraat 237, Scheveningen.
*1970	Ir. J. v.d. Plaats	Eppe 1, Geldrop.
1961	Ir. J. van der Plas	Bremweg 12, Huizen (N.H.).
1963	Ir. P. Plomp	Van Hogendorplaan 1, Spakenburg.
*1953	Ir. C.J. Pluygers	Roland Holstlaan 21, Reeuwijk.
*1951	Prof. Dr. Ir. W.L. v.d. Poel	Fagotstraat 18, Rijswijk (Z.H.).
*1952	Ir. E.E.P. Poelman	Bernard Zweerslaan 11, Voorschoten.
*1920	Ir. M. Polak	"de Valreep", Berkenlaan 3, Katwijk a. Zee.
1955	Ir. T. Poorter	Eindhovenseweg 16, Geldrop.
*1963	Ir. D.C.J. Poortvliet	Saturnusstraat 5, Alphen a/d Rijn.
1959	Ir. A.A. Potjer	Blijdensteinlaan 15, Hilversum.
1949	G. Prins	Jan Steenlaan 2, Oegstgeest.
1957	P. van Prooijen, Ing.	Venuslaan 40, Nieuw Lekkerland.
*1960	Ir. R. van Raamsdonk	Händellaan 46, Den Haag–13.
*1955	Ir. G. Radstake	Van Nassau Dillenburgstraat 13, Waddinxveen.
1953	B. Ravesteyn	Gerard Doulaan 8, Baarn.
1964	Ir. A. van der Ree	Reigerslaan 2, Voorhout.
*1964	Ir. W.F. Reeser	Van Alkemadelaan 886, Den Haag.
*1964	Ir. L.K. Regenbogen	Chrysantenhof 49, Berkel en Rodenrijs.
1969	Ir. M.A. Reinders	Pr. Annalaan 392, Leidschendam.
1967	J.W. Reinold	Charl. de Bourbonstraat 14, Waddinxveen.
1957	Ir. B.C. Reith	J.W. Frisolaan 4, Voorschoten.
1964	Ir. J.R. Reynders	Bussummergrintweg 3B, Hilversum.
*1958	Ir. G.L. Reijns	Jan Mulderstraat 187, Voorburg (Z.H.).
*1950	Ir. M. Rietveld	Plaswijcklaan 27, Rotterdam–12.
*1968	Ir. O.B.P. Rikkert de Koe	Hertogenlaan 18, Geldrop.
*1946	Dr. Ir. H. Rinia	Parklaan 24, Eindhoven.
*1960	A.G. Robeer, Ing.	Bosboom Toussaintlaan 73, Hilversum.
*1950	Prof. Ir. C. Rodenburg	Langenkampweg 113, Enschede.
*1946	Dr. Ir. N. Rodenburg	Hoflaan 13, Hilversum.
1946	Ir. H.A. Rodrigo	Beeklaan 506, Den Haag.
*1947	Ir. J. Rodrigues de Miranda	Willem Klooslaan 101, Eindhoven.
1962	Ir. D.W. Rollema	van de Marckstraat 5, Leiderdorp.
*1949	Ir. C. Romeijn	Hollandselaan 13, Hilversum.
*1951	Ir. F.C. de Ronde	Broekhovenseweg 26, Waalre (N.B.).
1960	R. de Roo van Alderwerelt	Gouverneurkade 5, Voorburg (Z.H.).
1964	Ir. J.E. Rooyackers	Veldm. Montgomerylaan 707, Eindhoven.
1960	E.L. Ros	Willem van Hornestraat 3, Eindhoven.

*1958	Ir. G. Rosier	Sumatralaan 42, Hilversum.
1954	G.J. Rotgans, Ing.	Bodemanstraat 63, Hilversum.
*1963	Ir. E. Roza	Jeneverbeslaan 71, Valkenswaard.
1969	Generaal-Majoor T. de Ruig, Ing.	Storm van 's-Gravesandeweg 24, Wassenaar.
*1946	Ir. N. Rusting	Haviklaan 41, Den Haag.
1959	Ir. H.A.J. Rijnja	Gustav Mahlerlaan 7, Voorschoten.
*1953	Ir. J.J. van Rijsinge	Beatrixlaan 11, Ermelo.
*1966	Ir. R. Samson	M. ter Braaklaan 59, Delft.
1943	H. Sanders	Landregtstraat 1, West Souburg, Gem. Vlissingen.
1953	J. Schaap	Zandvoortselaan 168, Heemstede (post Aerdenhout).
1965	J.H. Schaatsberg	Oude Amersfoortseweg 275, Hilversum.
*1932	Ir. J. Schalkwijk	Vermeerlaan 39, Hilversum.
1952	J.W.A. van der Scheer, Ing.	Prins Bernhardlaan 62, Leidschendam.
1957	Ir. J. Schelling	Kroonlaan 56, Hilversum.
1949	G. Schenkel	Philips Kapittelweg 10, Breda.
*1965	Ir. T.J. Schep	Marius Richterslaan 107, Jutphaas.
1951	Ir. D.C. Schering	Pieter Calandlaan 32hs, Amsterdam (Slotervaart).
*1952	N. Schimmel	Quarles van Uffordstraat 58, Noordwijk aan Zee.
1959	A.M. Schmidt	Statenweg 38a, Rotterdam.
*1952	M.C. Schol	Anthonissenstraat 6, Koudekerke (Zld.).
*1946	Ir. E. Scholten	Pr. Frederiklaan 7, Wassenaar.
*1953	Ir. J.W. Scholten	Dwarslaan 6, Blaricum.
1960	Ir. C. van Schooneveld	Baron Schimmelp. v.d. Oyelaan 12, Voorschoten.
1954	Ir. R. Schornagel	Mr. P.J.M. Aalberselaan 21, Amstelveen.
*1941	Ir. J.K. Schouten	Lijsterbeslaan 30, Hilversum.
*1947	Prof. Dr. Ir. J.P. Schouten	Poortlandplein 2, Delft.
*1964	Ir. J.Th.R. Schreuder	Pr. Frederiklaan 394, Leidschendam.
*1950	Ir. J.J. Schreuders	Fazantlaan 20, Leidschendam.
*1966	Ir. H. Schreur	Frans Halslaan 25, Huizen (N.H.).
*1957	Ir. A.F. Schwarz	Hendrik Tollensstraat 204, Delft.
1971	Ir. G.A. Schwippert	Dreeslaan 2, Pijnacker.
1952	O.J. Selis	Dr. Alb. Schweitzerlaan 82, Barneveld.
1951	Ir. J.M.G. Seppen	Veerweg 5, Laren.
1954	Ir. S.W.J. Serlé	Postbus 391, Delft.
1966	P.A.A. Sevat, Ing.	Gerard Brandtstraat 111, Leiden.
1950	Ir. G.J. Siezen	Jan van Rotselaerlaan 13, Waalre (N.B.).
1966	Ir. A. Da Silva Curiel	Burg. Keijzerlaan 37, Leidschendam.
*1967	Ir. E.Th. Simon	Hier. Boschstraat 12, Hazerswoude–Dorp.
*1967	Ir. J.S. van Sinttruyen	Roland Holstlaan 1047, Delft.
*1943	Jhr. Ir. W. Six	Steynlaan 6, Hilversum.
1969	Ir. M. Skaliks	Vanekerstraat 211, Enschede.
1961	Ir. G.C. van Slagmaat	ten Brakeweg 24, Sterksel (N.B.).
1950	M. van Sliedregt	Lumeystraat 21, Zoetermeer.
*1947	Ir. C. Slofstra	Petrus Dondersstraat 93, Eindhoven.
*1967	Ir. J.W. Slotboom	Drossaardstraat 23, Geldrop.
1971	Ir. Th.H. Smakman	Venuslaan 31, Breugel, Post Son.
*1951	Prof. Dr. Ir. J. Smidt	v.d. Dussenweg 8, Delft.
1955	C.A. Smit	Boslaan 1, Zevenhuizen (Z.H.).
1968	E.R. Smit	Burgemeester Sweenslaan 39, Leidschendam.

1951	H.J.A. Smit, Ing.	Valkenierstraat 169, Valkenswaard.
1961	Ir. J.A. Smit	Spoorzichtlaan 5, Heemstede.
*1967	Ir. J. Smith	Jisperveldstraat 420, Amsterdam–N.
1968	Ir. L.H. Sondaar	Zwetkade 30, Delft.
1958	Prof. H. Sørbye	Postbus 217, Enschede.
1967	A.A. Spanjersberg	Beatrixstraat 15, Leiderdorp.
1963	Ir. G.A. van der Spek	Brederode 22, Leiderdorp.
1959	W.F. Springer	Gaspeldoornlaan 42, Eindhoven.
1948	Ir. M. Staal	IJsselstraat 25, Hengelo (O.).
1960	Ir. P. Stam	Felualaan 3, Apeldoorn.
1955	Ir. J. Starreveld	Ericaweg 9, Huizen (N.H.)
1966	J. van Staveren	Stadhoudersring 170, Zoetermeer.
*1964	Ir. T.W. van Steenbergen	Thorbeckestraat 6, Huizen (N.H.).
1952	Ir. M. Steffelaar	Nestorlaan 25, Eindhoven.
1956	A.L. Steiner	Veenendaalkade 452, Den Haag
*1950	Ir. W.D.P. Stenfert	Bachlaan 20, Hilversum.
1957	W.P. Stiekema, Ing.	Karl Marxstraat 51, Rotterdam–25.
*1943	Prof. Ir. F.H. Stieltjes	Ansbalduslaan 44, Waalre (N.B.).
1947	Ir. J. Stolk	Petrus Dondersstraat 67, Eindhoven.
1950	Prof. Dr. F.L. Stumpers	Elzentlaan 11, Eindhoven.
1965	Ir. H.J. Suermondt	Sophialaan 21, Hilversum.
1960	B. Swets	Hazelaarlaan 37, Hilversum.
*1965	Ir. R.C. Tan	Hendrik Tollensstraat 356, Delft.
1968	Ir. J.B.F. Tasche, LT.Z.E 3	Hendrik Broertjesstraat 13, Den Helder
*1970	Dr. Ir. K. Teer	Vesaliuslaan 50, Eindhoven
*1965	Ir. H. Tendeloo	De Genestetlaan 3, Baarn.
*1969	Ir. A.C.T. Timmermans	Wilhelminalaan 7, Bladel.
1953	Ir. D.L.A. Tjaden	Poortakker 2, Knegsel (N.B.).
1949	Ir. F. van Tongerloo	"De Wiebos", Julianalaan 13, Heeze.
*1963	Ir. P. den Toonder	Julianalaan 11, Dubbeldam.
*1947	Ir. M.L. Toppinga	Thorbeckestraat 55, Delft.
*1947	Prof. Dr. Ir. A.A.Th.M. van Trier	Kochlaan 6, Eindhoven.
*1946	Dr. Ir. Th.P. Tromp	Sumatralaan 1, Eindhoven.
1959	Dr. N.C. de Troye	Leeuweriklaan 10, Riethoven.
1960	K.A.B. Tubbing	Delflandstraat 61, Nootdorp.
*1964	Ir. A.C. Tuinenburg	Rhijngeesterstraatweg 12, Oegstgeest.
*1947	Ir. J.J.P. Valeton	Wintelresedijk 3, Oirschot.
*1966	Ir. K. van der Valk	Apennijnenlaan 4, Son (N.B.).
*1958	Ir. F. Valster	Eversveld 7, Geldrop.
*1964	Ir. L.P.J. Veelenturf	Reelaan 11, Enschede.
*1947	Ir. R. v.d. Veen	Vliegenvangerlaan 13, Den Haag.
1966	M.A. Vellekoop	Gravin Marialaan 12, Leidschendam.
*1965	Ir. C. van Velthooven	Csardasstraat 24, Nijmegen.
*1966	Prof. Ir. B.P.Th. Veltman	Händellaan 3, Voorschoten.
1971	G.J. van Velzen	Reuvenslaan 51, Voorburg.
*1959	Ir. H.H. van de Ven	Liviuslaan 51, Eindhoven.
1969	Ir. F.A.M. van Venrooij	Lynestraat 12, Sittard.
*1969	Ir. H.J. Verbiest	Koedijk 14, Huizen
1967	M. Verduin	Sonseweg 25, Eindhoven.

1952	Ir. W.J. Verhoeff	Velthuysenlaan 15, Laren (N.H.).
*1962	Ir. J.J. Verhoeven	Hofmeierstraat 16, Geldrop.
*1961	Ir. J.M. Verloop	Zeshoevenstraat 87, Udenhout (N.B.).
*1966	Ir. A.P. Verlijsdonk	Lissevoort 19, Nuenen (N.B.).
*1964	Dr. Ir. A. Vermeer	Koningin Emmaweg 104, Houten (Ut.).
*1954	Ir. J. Vermeulen	Langenkampweg 111, Enschede.
*1946	Ir. M.J. Vermeijden	Ieplaan 104, Den Haag.
1951	Ir. A. Versnel	Hubertus van der Clusenstraat 4, Waalre (N.B.).
1950	Ir. J. Verstraten	De Waterkant 8, Tynaarlo (Gem. Vries).
1950	Drs. H.J.A. Vesseur	Dantelaan 20, Utrecht.
1962	Ir. R. Viddeleer	Pr. Frederiklaan 402, Leidschendam.
1966	Ir. E. Vingerling	Zaadkorrelweg 24, Eemnes.
1943	Ir. W.C. Vis	van Montfoortstraat 5, Voorburg (Z.H.).
1969	P.A. van der Vis	van Cranenburchlaan 26, Wassenaar.
1965	Ir. W. Visscher	Julius Röntgenlaan 12, Leidschendam.
*1948	Ir. B. Visser	Bankastraat 93, Dordrecht.
*1968	Ir. J.J. Visser	Regentesseweg 1A, Zandvoort.
*1964	Ir. C.A. Vissers	Reelaan 9, Enschede.
*1957	Ir. H. Vissinga	Van Kempenstraat 30, Voorschoten.
1958	W.H.Th. van Vlerken	Burg. Gülcherlaan 3, Hilversum.
*1966	Ir. J.N. Vles	Breehorn 28, Lelystad.
1947	W. Vogt	Vliegweg 16, Blaricum.
1957	Ir. J.A.H. van Voorthuizen	Rijnweg 304, Monster.
1956	Ir. J.A. van der Vorm Lucardie	Scheldelaan 9, Son (N.B.).
1941	Ir. J.N. Vos	Pasteurlaan 105, Eindhoven.
1949	Ir. L.R.M. Vos de Wael	Laan van Oostenburg 49, Voorburg.
*1950	Ir. K. Vredenbregt	Kwikstaartlaan 30, Leidschendam.
*1964	Ir. J.P. de Vreede	van Vredenburchweg 627, Rijswijk (Z.H.).
1952	Ir. G. Vries	Hanenburglaan 236, Den Haag.
*1970	Ir. Th.J. de Vries	Generaal de Carislaan 2, Eindhoven.
1950	M.C. Vrolijk	Rode Kruislaan 1, Eindhoven.
1952	Dr. F.W. de Vrijer	Boshovensestraat 11, Riethoven.
1968	P. Vijzelaar	van Ostadelaan 7, Hilversum.
1953	Ir. A. de Waard	Dr. Kuyperlaan 50, Huizen (N.H.).
*1943	Ir. P. de Waard	Burg. Wouterslaan 8, Monster.
*1960	Ir. G.L. Walther	Charlotteplaats 10, Zoetermeer.
*1966	Ir. F.J. Wassink	Veenenduin 54, Bloemendaal.
*1959	Ir. M. Weeda	Postbus 297, Hilversum.
*1941	Dr. Ir. A. van Weel	Boslaan 9, Mierlo.
*1954	Ir. P.A. Wegelin	Groen van Prinstererlaan 11, Huizen (N.H.).
*1935	Prof. Jhr. Ir. J.L.W.C. von Weiler	Neuhuyskade 22, Den Haag.
1941	Ir. W. Werner	Rullen 6, Gerwen (gem. Nuenen N.B.).
1948	Ir. B.J. Wesselink	Dr. Kuyperlaan 46, Huizen (N.H.).
1950	Ir. J.H. Wessels	Rietstraat 49, Geldrop.
1962	B.E. Westerman	Kon. Wilhelmina Boulevard 27, Noordwijk aan Zee.
1963	Ir. N.B.J. Weyland	Van Poelgeestlaan 3, Leiderdorp.
1958	Ir. E. Willems	Pennendijk 23, Ulvenhout.
1971	Ir. A. Willemsen	Dillenburgsingel 3, Leidschendam.
1964	Ir. D. van Willigen	Dr. Albert Plesmanplein 5, Gouda.

1958	J. Winters	Roerdompstraat 9, Badhoevedorp.
*1961	Ir. C. Wit	Jasmijnlaan 3, Pijnacker.
1954	Ir. C.T. de Wit	Ardennenlaan 5, Son (N.B.).
*1966	Ir. M. Woerlee	Waalstraat 6, Alphen aan de Rijn.
*1958	Prof. Ir. D.H. Wolbers	Gustav Mahlerlaan 32, Voorschoten.
*1947	Ir. J.S. Woldringh	Koningslaan 42, Bussum.
*1969	Ir. F.S. de Wolf	Moerbeilaan 1, Hilversum
1967	C.G. Wouters	Suzannaland 456, Den Haag.
*1968	Ir. P. van Wouwe	Boterweg 32, Vreeland.
*1966	Ir. P. van der Wurf	Schoutstraat 7, Geldrop.
1956	Ir. C.J. Wustenhoff	Kam. Onnesweg 30, Enschede.
*1930	Jhr. Dr. Ir. C.Th.F. v.d. Wyck	van Calcarlaan 42, Wassenaar.
*1966	Ir. J. van Wijngaarden	Radioweg 5, Apeldoorn.
1955	Dr. J.G. van Wijngaarden	Geuzenberg 7, Son (N.B.).
1957	Ir. R.M.G. Wijnhoven	Houterbrugweg 12, Geldrop.
1947	Prof. Dr. J.J. Zaalberg van Zelst	Da Costaweg 5, Eindhoven.
*1969	Ir. B. Zanting	Ten Katestraat 15, Hazerswoude–Rijndijk.
*1960	Ltz. (E) I C.M. de Zeeuw	Surinamelaan 29, Hilversum.
*1959	Ir. L.E. Zegers	Beneden Beekloop 10, Geldrop.
*1946	Prof. Ir. W.H. van Zoest	Le Sage ten Broeklaan 43, Eindhoven.
1956	Dr. J.J. van Zolingen	Menthenbergseweg 19, Arnhem.
1946	Ir. L.C. Zonneveld	Lijsterlaan 13, Eindhoven.
1957	W.A.J.M. Zwijsen	Magnoliastraat 2, Eindhoven.
*1949	Ir. P. Zijlstra	Kievitlaan 3, Eindhoven.
1957	Ir. J.D. Zijp	Deylerweg 30, Wassenaar.

BUITENLANDSE LEDEN

1959	Dr. Bruce B. Barrow	Sylvania Applied Research Lab., 40 Sylvan Road, Waltham 54, Mass., U.S.A.
1967	Ir. M.W. van Batenburg	c/o NATO SACLANT ASW Research Centre, Viale San Bartolomeo 400, La Spezia, Italy.
1946	Ir. F.H.E. Bicknese	42 Birchstreet, Post Washington, Long Island, New York U.S.A.
1964	Ir. M.A. Bos	862 College Parkway T. Rockville (Maryland) 20850, U.S.A.
1954	Ir. J.A. Hammer	4695 Helenwood Drive, Williamsville, N.Y. 14221, U.S.A.
*1949	Ir. H.N. Hansen	Avenue du Fort Jaco 42, Brussel–18, België.
*1961	Ir. L.J. Hartog	Frederik van Eedenplein 3, Antwerpen, België.
*1956	Ir. S. Korthals Altes	328 Southfield Drive, Fayetteville, New York, U.S.A.
*1960	Ir. C. Kraaij	Clos du Mouron 18, Brussel–15, België.
1952	A.W. Kymmell	1116 Fairway Drive NE, Vienna VA, 22180, U.S.A.
*1952	Prof. Ir. G.J. Levenbach	229 Union Avenue, New Providence, New Yersey, U.S.A.
1948	Ir. J.C. van Marle	c/o Saclant ASW Research Center, Viale San Bartolomeo 92, La Specia, Italia.

*1963	Ir. Tj. v.d. Meulen	Industria Brasileira de Eletricidade S.A., (Inbelsa), Rua Amador Bueno 474, Zona Postal 18, Caixa Postal 3159, Sao Paulo, Brasil.
1950	Ir. E.R. Post	23 Ware Street, Cambridge (38), Mass., U.S.A.
*1967	Ir. G.J.M. Pappot	U.N. Development Program, P.O. Box 5, Kabul (Afghanistan) via Moskou (U.S.S.R.).
1946	Prof. Olaf Rydbeck	Chalmers University, Gothenburg (Zw.).
*1961	Prof. Dr. Ir. J.P.M. Schalkwijk	c/o Dept. of Appl. Electrophysics U.C.S.D., Box 109, La Jolla (Calif. 92037) U.S.A.
1964	Dipl. Ing. E. Schanda	Sidlerstrasse 5, Bern, Zwitserland.
*1968	Ir. E. de Sénerpont Domis	Cartridge Television Inc., 1080 North 7th street, San Jose, California, 95112, U.S.A.
1957	F.J. Soede	c/o U.N.I.D.O. Felderhaus, Rathausplatz 2, A–1010 Vienna, Austria.
*1960	Dr. Ir. W.J.D. Steenaart	5 Secade Drive, Elnora, New York 12065, U.S.A.
1937	Ir. A.C. Veldhuis	Box 210 RD, West Chester, Pa. U.S.A.
*1946	Ir. J.A. Verhoef	Molendijk 9, Achel (Limburg), België.
1965	Ir. A.J.R. Westbroek	3 Rue George Flament, Poissy, France.